75 8/27 (II)

ПРОБЛЕМЫ АРКТИКИ

СБОРНИК СТАТЕЙ

ВЫПУСК 1

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ“
ЛЕНИНГРАД 1957

АРКТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ
МИНИСТЕРСТВА МОРСКОГО ФЛОТА СССР

75 8/27 (а).

ПРОБЛЕМЫ АРКТИКИ

СБОРНИК СТАТЕЙ

ВЫПУСК 1

т.3/225.

Библиотека Географического Общества Союза ССР

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ"
ЛЕНИНГРАД 1957

Ответственный редактор
В. В. Фролов

Редакционная коллегия:

М. И. Белов, Е. В. Белышева, Я. Я. Гаккель, А. А. Гирс, П. А. Гордиенко, Л. Г. Каплинская, А. Ф. Лактионов, А. П. Никольский, А. Я. Сухоруков, А. Ф. Трешников (зам. отв. редактора)

Техн. редактор *М. М. Петерсон* Корректор *Т. М. Юдина*

Подписано к печати 5/VI-1957 г. Печ. л. 10,96. Уч.-изд. л. 10,17
Тираж 500 экз. Зак. № 1018

М-28014 5 типография ВМФ.

СОДЕРЖАНИЕ

М. М. Сомов. Работы Комплексной антарктической экспедиции 5
Т. Армстронг. Полярный научно-исследовательский институт имени Скотта и английская деятельность в Антарктике 13
З. М. Гудкович. К изучению неветровой составляющей дрейфа льдов 19
В. Т. Тимофеев. О формировании донных вод центральной части Арктического бассейна 29
Ю. А. Горбунов. О водообмене Восточно-Сибирского и Чукотского морей через пролив Лонга 35
В. С. Антонов. Основные причины колебаний общей ледовитости арктических морей 41
Н. А. Белов. К вопросу о методике механического анализа донных отложений 51
И. М. Долгин, В. В. Фролов. Двадцать пять лет исследований свободной атмосферы в Арктике 59
Н. И. Тябин. К вопросу о проявлении солнечной активности в атмосфере Земли 67
И. В. Максимов. К изучению свободных и вынужденных движений полюса Земли 73
А. П. Никольский. Некоторые особенности суточного хода полярных сияний. 85
В. В. Лавров. Явление образования внутриводного льда как процесс умножения кристаллических зародышей 91
М. И. Зотин. Развитие сети полярных станций 99

Заметки

Я. П. Кобленц. О сохранении отметок нулей водомерных постов на полярных станциях 111
М. В. Извеков. Быстро погружающаяся планктонная сеть Нансена 113
Т. Т. Семиков. Наблюдения за льдами с помощью судовых радиолокационных станций 116
Г. Л. Рутилевский. Распространение чирка-клоктуна *Anas formosa* Georgi на Новосибирских островах 119

Информация

Л. Л. Балакшин. Высокоширотная океанографическая экспедиция на ледорезе «Ф. Литке» 1955 г. 123
И. В. Максимов. Советские полярные исследователи в Англии 126
В. М. Пасецкий. Английские ученые в Арктическом институте . . . . . —
А. П. Никольский. Конференция по Международному геофизическому году в Стокгольме 127

CONTENTS

M. M. Somov. Works of the Complex Antarctic Expedition 5
T. Armstrong. The Scott Polar Research Institute and the British activity in the Antarctic 13
Z. M. Gudkovich. To the study of non-wind component of the drift of ice 19
V. T. Timofeev. On the formation of the bottom waters of the central part of the Arctic basin 29
Ju. A. Gorbunov. On. water exchange of the East-Siberian and Chuckchee Seas through Long Strait 35
V. S. Antonov. The principal causes of fluctuations of the general ice conditions of the Arctic seas 41
N. A. Belov. To the problem of methodics of mechanical analyses of the bottom deposits 51
I. M. Dolgin, V. V. Frolov. 25 years of investigations of the free atmosphere over the Arctic 59
N. I. Tyabin. To the problem of the solar activity display in the Earth's atmosphere 67
I. V. Maksimov. To the study of free and forced movements of the Earth's pole 73
A. P. Nikolsky. Some pecularities of the daily variation of polar aurora 85
V. V. Lavrov. A phenomenon of interwater-ice formation as process of the cristalline nuclei multiplication 91
M. I. Zotin. The development of the network of polar stations 99

Notes

Ja. P. Koblentz. About preservation of zero-marks of the water-gauge posts on polar stations 111
M. V. Izvekov. Fast sinking Nansen's plankton net 113
T. T. Semikov. Ice observations by means of ship's radar stations 116
G. L. Rutilevsky. Distribution of the Formosan Teal *Anas formosa* Georgi on the New-Siberian Islands 119

Information

L. L. Balakshin. High Latitude Oceanographical Expedition of the ice-braeker «F. Litke» 1955 123
I. V. Maximov. Soviet polar explorers in England . . . . . —
V. M. Pasezky. British scientists in the Arctic Institute 126
A. P. Nikolsky. International Geophysical Year Conference in Stockholm . 127

М. М. СОМОВ

РАБОТЫ КОМПЛЕКСНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ[1]

Экспедиция достигла берегов Антарктиды на дизельэлектроходе «Обь» 5 января 1956 г. в районе бухты Депо. 15 января после разведывательных полетов в районе 66°33′06″ ю. ш., 93°00′ в. д. началась высадка на материк. 20 января к этому месту прибыл дизельэлектроход «Лена», 8 февраля — рефрижератор № 7. 13 февраля 1956 г. над обсерваторией был поднят государственный флаг СССР. Разгрузка 8500 *т* грузов закончилась 14 февраля. Строительство обсерватории началось немедленно по прибытии судов и продолжалось вплоть до 17 марта, когда последнее судно — «Лена» вынуждено было преждевременно уйти из-за резкого ухудшения ледовой обстановки в море Девиса.

Оставшимся на берегу Правды 92 участникам береговой части экспедиции предстояло закончить большой объем строительных работ (в том числе полную внутреннюю отделку всех жилых и большей части служебных зданий обсерватории общей площадью 750 *м*^{2}, строительство магнитного, сейсмического и аэрологического павильонов), а также создать геофизическую, аэрологическую, геологическую, гляциологическую, гравиамагнитную, аэрофотограмметрическую и фотографическую лаборатории, рассортировать и уложить тысячи тонн грузов.

По мере окончания этих работ обсерватория непрерывно расширяла масштабы научных наблюдений. К 1 мая строительство научных павильонов было завершено, оборудование лабораторий в основном смонтировано и обсерватория приступила к развертыванию работ по полной программе 1956 г. Экспедиционные же работы на Антарктическом материке были начаты с первых дней высадки экспедиции.

Экспедиционные исследования

Целью экспецидионных работ являлось, во-первых, общегеографическое ознакомление с районом предстоящих исследований, во-вторых, обеспечение будущей деятельности экспедиции надежными картами этого района. К числу важнейших экспедиционных исследований относятся:

1. На участке побережья от горы Гаусса до берега Нокса включительно для привязки аэрофотосъемки определены точные координаты в восьми пунктах, от которых затем геодезическим методом разбита дополнительная сеть привязанных к астропунктам приметных наземных ориентиров, произведена мензульная съемка в масштабе 1 : 10 000 района расположения обсерватории Мирный и осуществлены детальные промерные работы при-

[1] Статья принята по радио 5 октября 1956 г. В ней освещены работы экспедиции за первые 9 месяцев.

легающей к нему части моря Девиса площадью около 20 *км*². Эти работы в основном выполнены работниками морской части экспедиции.

2. В период стоянки судов произведена аэрофотосъемка площади более 15 *тыс. км*². Общая протяженность маршрутов — около 2 000 *км*. В масштабе 1 : 40 000 заснято побережье от горы Гаусса до шельфового ледника Шеклтона, далее вдоль материкового уступа, прилегающего к этому леднику, до оазиса Бангера и сам оазис. Кроме этого, в районе Мирного произведена съемка в масштабе 1 : 15 000 и 1 : 5 000. Все перечисленные работы в сочетании с морскими промерами, выполненными на «Оби», позволили уже в 1956 г. составить новую достаточно достоверную карту моря Девиса.

3. В период между 22 и 30 января произведено комплексное обследование оазиса Бангера — лишенного оледенения участка материка площадью 750 *км*². В обследовании приняли участие физико-географы, геологи, гляциологи, гидрологи, метеорологи, актинометристы и гидробиологи. Исследования показали, что основной причиной существования данного оазиса является сочетание орографических условий с местными особенностями климата. При повторных посещениях оазиса зимой, начиная с 6 августа, установлено, что и в зимнее время вследствие своеобразного ветрового режима этот участок остается свободным от снежного покрова.

4. Произведены разведывательные беспосадочные полеты: 24 февраля к южному геомагнитному полюсу и 3 марта по направлению к полюсу относительной недоступности до 76° ю. ш. Результаты полетов показали, что материковый ледяной щит по мере удаления от побережья сначала резко, а затем постепенно поднимается до высоты 3500 *м* над уровнем моря в районе геомагнитного полюса на 78° 30′ ю. ш., 107° в. д. и до высоты 4000 *м* — к северо-западу от него. 6 марта совершен полет в глубь материка с посадкой на расстоянии 400 *км* от Мирного, на высоте 2900 *м* над уровнем моря. Пробывшая в течение 6 дней в указанной точке группа провела цикл метеорологических наблюдений. На этой высоте в таком удалении от берега даже в конце лета наблюдалась температура воздуха до —50°, а сохранение ровной поверхности аэродрома на снегу было крайне затруднено из-за непрерывного сильного поземка. Сведения, полученные в результате этих полетов, дали возможность судить о тех трудностях, с которыми будет связано создание внутриматериковых станций Восток в районе геомагнитного полюса и Советская в районе полюса относительной недоступности.

5. 2 апреля из Мирного по направлению к южному геомагнитному полюсу вышел санно-тракторный поезд в составе двух тракторов, трех балков и трех открытых саней, груженных бочками с горючим. В походе участвовало 11 человек. Цель похода заключалась, во-первых, в практическом изучении возможности проникновения далеко в глубь материка наземным способом (в связи с предстоящей задачей создания двух внутриматериковых станций), во-вторых, в сборе научных данных в районе, ранее никогда никем не посещавшимся. Реальность такого похода обосновывалась тем, что при полетах в глубь континента был обнаружен узкий проход от берега на ледниковом плато через окружающую Мирный со стороны материка широкую зону бесчисленных замаскированных снегом широких трещин. Существование и безопасность такого прохода были проверены 14 марта походом двух вездеходов на расстояние 50 *км* в глубь материка. Продвижение санно-тракторного поезда было сопряжено с большими трудностями, усугублявшимися поздним осенним временем. Несмотря на это, поезд успешно продвигался вперед и 4 мая достиг 69°44′ ю. ш., 95°30′ в. д. Здесь, на высоте 2700 *м* над уровнем моря, поезд был превращен в стационарную станцию.

Во время санно-тракторного похода четыре раза в сутки велись наблюдения за скоростью и направлением ветра, температурой воздуха

и влажностью (при температуре до —25°), температурой поверхности снега, облачностью и видимостью; выпущено 11 шаров-пилотов, 2 радиозонда. Кроме того, аэрологическое зондирование осуществлялось самолетами, прилетавшими к санно-тракторному поезду. На всем пути следования расставлены снегомерные рейки: до 213-го километра через 1 *км*, а далее — через каждые 5 *км*. Проведено барометрическое нивелирование, позволившее построить профиль поверхности ледника. В первой части пути с помощью сейсморазведочной портативной станции производились опытные измерения мощности ледника. Непрерывно велось наблюдение за характером снежной поверхности, определялась плотность и твердость снега. В пути было вырыто восемь шурфов. На семи горизонтах (до глубины 2 *м*) измерялась температура снега, велось послойное структурное его описание. Исследованиями отмечено постепенное снижение температуры снежной толщи при удалении от берега. На 93-м километре в разрезе полностью исчезают признаки поверхностного таяния, наблюдавшиеся в шурфах до 53-го километра включительно. Граница, где температура воздуха никогда не поднимается до нуля, проходит примерно на высоте 1000 *м* над уровнем моря.

На временных остановках велись наблюдения за величиной магнитного склонения, горизонтальной и вертикальной составляющей. Всего выполнено более 50 определений этих элементов. Выяснено, что в направлении от Мирного на Пионерскую западное магнитное склонение постепенно возрастает от 78 до 86°, значение вертикальной составляющей изменяется в пределах 600 γ и на станции Пионерской меньше, чем в районе Мирного, на 700 γ. Величина горизонтальной составляющей по маршруту несколько уменьшается от 13 700 до 13 300 γ. Местоположение поезда в пути определялось методом счисления и уточнялось путем астрономического определения координат. Всего в пути произведено шесть астрономических обсерваций.

6. Для изучения ледового режима и проводки судов во льдах моря Девиса выполнено 18 ледовых авиационных разведок. Эти разведки дали первые сведения об общем состоянии морских льдов в Антарктике в различные сезоны, а также основные представления о характере распределения льдов в море Девиса. В зимний период, в связи с затрудненностью полетов, положение северной кромки льдов зафиксировано недостаточно полно. Однако последней ледовой разведкой, выполненной 25 сентября, кромка обнаружена на 60° ю. ш., на расстоянии 700 *км* от берега. По-видимому, это самое северное положение кромки в 1956 г. в секторе моря Девиса. Разведкой выявлено также значительное отличие внешних признаков антарктических морских льдов, характеризующих их мощность, возраст и проходимость, от аналогичных признаков, присущих льдам Арктики.

7. Для изучения сточного или ледникового ветра, играющего существенную роль в ветровом режиме района Мирного, а также с целью изучения микроклимата этого района были организованы четыре временные выносные станции. Они располагались вдоль по трассе санно-тракторной экспедиции. Первая станция была установлена на склоне ледникового плато в расстоянии 25 *км* от берега, на высоте 600 *м* над уровнем моря, вторая — на расстоянии 10 *км* от берега, на высоте 400 *м*, третья — на расстоянии 1,3 *км* от берега, на высоте 110 *м* и четвертая—на припае, на расстоянии 13,6 *км* от берега. Первые две станции были созданы 3 августа, третья — 31 июля, четвертая — 2 августа. Все береговые станции сняты одновременно 18 августа. Станция на припае, дающая наиболее репрезентативные материалы, характеризующие не искаженный местным рельефом ветровой режим Восточной Антарктиды на данной широте, продолжает свою работу.

На всех станциях метеорологические наблюдения проводились 8 раз в сутки, в сроки наблюдений на обсерватории Мирный. Измерялась температура поверхности снега и температура воздуха на высотах 0,5 и 2 *м*. На

последних двух высотах одновременно измерялась скорость ветра. Направление ветра определялось на высоте 2,5 *м*. На первой и четвертой станциях велись наблюдения за атмосферным давлением, регистрировалась температура воздуха с помощью термографов. На каждой станции проводились визуальные наблюдения за облачностью, видимостью и всеми явлениями погоды, особенно метелями, а также наблюдения по девяти снегомерным рейкам. На станции, расположенной на припае, трижды выпускались шары-пилоты. На первой и второй станциях проводились регулярные наблюдения за температурой льда в скважинах, на горизонтах 0,25, 0,5, 1, 2, 3, 4 и 5 *м*. В шурфах, вырытых на глубине 2,5 *м*, проведены описания структуры снега. На тех же станциях для определения мощности ледника выполнено пятикратное сейсмозондирование, преследовавшее в основном методические цели.

Большую роль в исследованиях сыграла авиация. Авиаотряд приступил к работе 8 января 1956 г., когда с борта дизельэлектрохода «Обь» поднялся вертолет «МИ-4». С тех пор по 20 сентября самолеты и вертолеты налетали 653 часа, в том числе 20 час. ночью. За весь период самолеты сделали 167 вылетов, вертолеты произвели 1003 подъема в воздух. Впервые в истории антарктической аэронавигации наши летчики совершали полеты зимой. Общий налет в течение зимних месяцев составил 100 час. Авиаотряд охватил полетами обширную область Антарктиды и прилегающей части Индийского океана, простирающуюся на 2100 *км* с севера на юг и на 1000 *км* с запада на восток. Полярные летчики, имеющие большой опыт работы в Арктике, выполнили разведку берегов для выбора места строительства обсерватории; обслуживали многочисленные научные партии, работавшие на побережье, на оазисе Бангера, на о. Дригальского; произвели аэрофотосъемку на площади 15 000 *км*^{2}, рекогносцировку глубинных районов Антарктиды, ледовую разведку моря Девиса и южной части океана до 60°02′ ю. ш., проводку через льды дизельэлектрохода «Лена», рефрижератора № 7, австралийского экспедиционного судна «Киста Дан»; осуществили транспортировку пассажиров и грузов со стоявших на рейде судов к месту строительства обсерватории Мирный, к санно-тракторному поезду и на станцию Пионерскую.

В результате работы авиации в первом приближении уточнена береговая черта, нанесены некоторые объекты, не показанные на карте, определен выход на ледниковое плато, получено представление о его профиле от берега до 78° ю. ш., выяснены основные черты ледового режима моря Девиса в период навигации и зимнее время, выявлена возможность работы авиации на больших высотах. Кроме того, авиаотряд во время полетов изучал вопросы самолетовождения и применения новых навигационных приборов, специально переконструированных для работы в южных высоких широтах.

Научные работы обсерватории Мирный

А э р о м е т е о р о л о г и ч е с к и й о т р я д. Наблюдения, целью которых является сбор материалов для исследования климата и выяснения роли атмосферных процессов Антарктики и всего южного полушария в общей циркуляции атмосферы, производятся в объеме обсерватории первого разряда.

Аэрологические наблюдения, начатые 12 февраля, ведутся ежедневно в четыре срока: утром и вечером — температурно-ветровое зондирование, днем и ночью — радиопилотные наблюдения за ветром. Эпизодически производится учащенное температурно-ветровое зондирование атмосферы путем выпуска радиозондов через каждые 6 час. в течение двух суток.

Метеорологические наблюдения ведутся 8 раз в сутки. Производится непрерывная регистрация всех метеорологических элементов, наблюдения

над ветром осуществляются чашечным анемографом и безинерционным прибором Суражского, дающим возможность определять скорость ветра до 85 *м/сек*. Во все сроки проводятся градиентные наблюдения над температурой и скоростью ветра в нижнем слое. Ежемесячно берутся пробы воздуха для определения его состава. В практике работы отряда широко применяются дистанционные приборы.

Актинометрические наблюдения начаты 10 марта и выполняются в сроки метеорологических наблюдений. Кроме того, с 8 апреля проводится непрерывная дистанционная регистрация суммарной и рассеянной радиации, альбедо и радиационного баланса.

Ежедневно по метеорологическим сводкам Австралии, Новой Зеландии, Южной Америки, всех станций Антарктики составляются две синоптические карты, по которым даются прогнозы погоды для авиации. Помимо анализа синоптических карт, вспомогательным материалом служат аэрологические графики и диаграммы.

Силами отряда разработан метод радиопилотных наблюдений за ветром в свободной атмосфере, имеющий в условиях Антарктики большое научное и практическое значение. Для этого к оболочкам малого размера подвешивается радиозондовый передатчик с облегченным питанием. Наблюдения за его полетом при помощи радиолокатора производятся в любую погоду — в ураган, пургу, при снегопаде, низкой облачности, когда теодолитные шаропилотные наблюдения невозможны. Применение радиопилотов позволило получить интересные материалы о режиме ветра до высоты 5—6 *км*, несмотря на очень бурную погоду в зимние месяцы.

Геофизический отряд. В отряде ведутся исследования в области земного магнетизма, земных токов, ионосферы, сейсмических явлений.

Регулярные магнитные вариационные наблюдения основной серией магнитографов Эшенгагена начаты с июля. В качестве второй серии вариометров с грубой чувствительностью применяется походная магнитная вариационная станция. Для контроля работы вариационных приборов проводятся систематические (через каждые 3—4 дня) абсолютные определения магнитного склонения, горизонтальной и вертикальной составляющей и угла наклонения. Для абсолютных определений применяется магнитный теодолит Бамберга, кварцевый магнитометр, индукционный инклинатор, электрический Z-магнитометр Брюнелли, магнитометр М-2.

В августе на выносной метеостанции, расположенной на припае в расстоянии 13,6 *км* от Мирного, проведена опытная магнитная съемка с помощью магнитометров М-2. Съемка проводилась по профилю длиной 12,5 *км*, ориентированному по магнитному меридиану и поперечному профилю длиной 2 *км*. Для исключения влияний вертикальной составляющей применялся способ одновременных отсчетов по двум приборам, находившимся в соседних точках профиля.

Пробная запись земных токов начата в сентябре. Она проводится на тихоходном регистраторе с разверткой 22 *мм* в час. Заземления, представляющие собой свинцовые листы, расположены в 300 *м* друг от друга в углублениях скалы, засыпаны песком, смоченным раствором поваренной соли и щелочи. Чувствительность записи, приведенная к длине линии на 1 *км*, составляет около 23 *мв* на 1 *мм* ординаты.

Ионосферная станция мощностью в 1 *квт* с диапазоном частот от 1 до 13 *мгц* полностью автоматизирована. Начиная с 20 апреля, осуществляются круглосуточные наблюдения по следующей программе: 2 дня в месяц — непрерывные наблюдения; 8 дней в месяц — через каждые 15 мин.; в остальные дни — через полчаса. Всего проведено около 13 000 наблюдений и заснято свыше 35 тысяч кадров на пленке. Указанная программа наблюдений близка к намечавшейся программе Международного геофизического года.

Наблюдения на сейсмической станции ведутся горизонтальными и вертикальными сейсмографами системы Кирноса, настроенными на характеристику, принятую для сейсмических станций Советского Союза. Увеличение горизонтальных сейсмографов около 1500, вертикального — 830. Приборы помещены на бетонном основании в котловане глубиной 2 *м*, вырубленном в скале. Гальванометры и регистрир установлены на кирпичных фундаментах. Даже при самых сильных ветрах качаний фундаментов не замечено.

Геолого-географический отряд. Объектами геологических исследований явились районы побережья между 89 и 107° в. д., от берега Нокса до Земли Вильгельма II. В результате проделанной работы исследована группа прибрежных нунатаков на берегу Нокса, посещены оазис Бангера и гора Гаусса, изучены острова и береговые нунатаки в районе Мирного.

Гляциологические исследования велись в районе от берега Нокса до горы Гаусса, а также во время санно-тракторного похода. Основные стационарные наблюдения проводились на берегу Правды, в непосредственной близости от Мирного, и на станции Пионерской.

Определение мощности ледникового покрова, имевшее главной целью выработку методики применительно к антарктическим условиям, проводилось с помощью 12-канальной сейсмостанции шведской фирмы Авем. Такие определения сделаны в пяти точках на маршруте от Мирного к Пионерской.

В районе Мирного проводятся регулярные снегомерные наблюдения по вехам, общая длина линий которых превышает 45 *км*. Гляциологическая группа ведет также регулярные температурные наблюдения в скважинах, пробуренных в леднике до глубины 13,5 *м*. Кроме того, исследована структура, сделано описание текстур большого количества образцов льда, взятых из разных горизонтов в айсбергах, шурфах и трещинах. Проводится микрофотографирование снега и изучение льда в шлифах.

Гравимагнитная группа. Программой предусматривается проведение полевых работ в ноябре — декабре. В осенне-зимний период осуществлялась регулировка многочисленной аппаратуры, подлежавшей испытанию в условиях Антарктики, и оборудование лаборатории. Смонтированный на самолете «ЛИ-2» прибор Логачева при экспериментальных полетах показал свою непригодность. В связи с этим производится переделка прибора № 225 с целью его облегчения. Установлено также, что этот прибор может быть успешно применен в качестве Т-вариационной станции. Анализ вариационных диаграмм позволил выяснить, что вариации в Антарктике спокойнее всего в ночное время. Вследствие этого аэромагнитные наблюдения будут проводиться в период светлых ночей при наименьших вариациях и наименьшей болтанке. Гравиметрические наблюдения на морском льду практически возможны лишь при полном штиле. При ветре мешают поземок и вибрации льда.

Биологические наблюдения. Из-за отсутствия биолога эти наблюдения ведутся в ограниченном объеме. Основными объектами наблюдений являются встречающиеся в районе Мирного в небольшом количестве тюлени Уэдделла и единичные экземпляры морских леопардов, колонии пингвинов Адели и императорских. Наблюдениями за ластоногими отмечены их сезонные миграции в пределах моря Девиса и некоторые характерные черты поведения.

Аэрофотосъемочный отряд. Работы начаты в феврале. Съемка производилась с самолета «ЛИ-2» на лыжах фотоаппаратом с фокусным расстоянием 70 *мм* и носила маршрутный обзорно-рекогносцировочный характер. В процессе съемок подобраны оптимальные масштабы для

фотограмметрической читаемости аэроснимков и время съемок снежной и ледяной поверхности в зависимости от высоты солнца.

Со всех материалов аэросъемки сделана контактная печать в трех экземплярах, накидной монтаж и его репродукция. В специально выделенной секции дома оборудована фото-и фотограмметрическая лаборатории с двумя монтажными щитами, а также стенд для испытания аэрофотоаппаратуры.

Исследования в области медицины. Проводимая врачами работа охватывает три раздела: акклиматизация человека, заболеваемость, санитарно-гигиеническая характеристика жилищ и одежды. Систематические наблюдения ведутся над 25 сотрудниками обсерватории.

Радиосвязь. Достаточно мощный, хорошо оснащенный радиоцентр Мирного полностью обеспечивает все разносторонние потребности экспедиции. Ежедневно он принимает метеорологические сводки Претории, Канберры, Веллингтона, Порт-Стенли, а также непосредственно от станций Моусон, Маккуори, Земли Адели, Кергелен, Мак-Мурдо, Маленькой Америки. Каждый день принимается свыше двух тысяч и передается более тысячи слов научной информации. Радиоцентр в отдельные дни обслуживает связью одновременно несколько самолетов, находящихся в воздухе, различные наземные партии, поддерживает связь с судами. Огромную работу выполняет радиоцентр, обеспечивая связь с Москвой. Всего за пять месяцев радиоцентр переработал два миллиона слов. Прогон передатчиков составил 2400 час. Проведены прямые телефонные переговоры с Москвой, с дизельэлектроходом «Обь», находившимся у берегов Шпицбергена. Радиоцентр работал с арктическими станциями о. Диксона, мыса Шмидта, бухты Провидения, Шпицбергена, осуществлял радиотелефонные разговоры с иностранными станциями в Антарктике.

Работники радиоцентра занимаются изучением прохождения радиоволн по линии Москва — Мирный, на основании чего сделан практический вывод о необходимости применения реверсных антенн. Ведутся также работы по выяснению возможностей устройства безмачтовых антенн.

Научные работы станции Пионерской

Станция Пионерская создана на базе санно-тракторной экспедиции. В течение мая одновременно со строительством здания станции создавались метеорологическая и снегомерная площадки для перехода с походных наблюдений на стационарные. Официальное открытие станции состоялось 27 мая, однако фактически научные наблюдения велись непрерывно с момента выхода санно-тракторной экспедиции из Мирного и не прекращались в связи с остановкой экспедиции.

На Пионерской проводятся следующие наблюдения:

1. Четырехсрочные наблюдения за температурой воздуха и поверхности снега, атмосферным давлением, направлением и скоростью ветра, влажностью и визуальные наблюдения за видимостью, облачностью, осадками. Работают самописцы давления и температуры.

2. Четырехсрочные актинометрические наблюдения за общей и отраженной солнечной радиацией и балансом лучистой энергии.

3. Четырехсрочные наблюдения за температурой в приземном 11-метровом слое воздуха (на горизонтах 0, 0,5, 2, 4, 7 и 11 *м*) и 16-метровой толще льда (на глубине 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 *м*).

4. Ежедневные наблюдения за снегонакоплением и динамикой снежного покрова по двум профилям (параллельному и перпендикулярному господствующему направлению ветра) в 150 точках и дважды в декаду — на снегомерной площадке (10000 $м^2$) по 41 рейке с одновременными опре-

делениями твердости и плотности различных типов снежной поверхности и фотографированием их; наблюдения за переносом снега при поземках, метелях при различных скоростях ветра; изучение структуры в толще снежного покрова путем проходки шурфа.

5. Эпизодические наблюдения за атмосферным электричеством; шаропилотные и радиозондовые наблюдения в первый период работы станции; наблюдения за температурой воздуха на различных высотах при полетах самолетов.

Сотрудничество с иностранными экспедициями в Антарктике

Экспедицией в Антарктике установлены тесные деловые и дружеские связи со всеми иностранными антарктическими станциями, в том числе и островными, за исключением станций, расположенных на Земле Грейама и островах атлантического сектора.

Прежде всего, по инициативе советской экспедиции был установлен контакт с австралийской станцией Моусон (24 января), после чего с ней начался регулярный обмен метеорологическими сводками. 30 января Мирный посетило австралийское экспедиционное судно «Киста Дан», на борту которого находилась новая смена персонала станции Моусон, следовавшая из Австралии, и руководитель Австралийского национального центра по исследованию Антарктики Филипп Лоу. 20 июня была установлена связь со второй австралийской станцией на о. Маккуори (по инициативе последней).

8 апреля установлен контакт с французской станцией на мысе Геология (Земля Адели) и 21 мая — с французской же станцией на о. Кергелен.

28 мая командир легкоавиационной оперативной группы США Кэнхэм предложил установить контакт между экспедициями. С того времени начался взаимный обмен метеорологической информацией со станцией Мак-Мурдо и основной американской антарктической базой Маленькая Америка в море Росса.

18 июня через Лондон и Москву была получена первая телеграмма Д. Долглиша, руководителя английской антарктической экспедиции в заливе Холли (море Уэдделла). Вслед за этим, начиная с 17 июля, установлен прямой контакт по радио и взаимный ежемесячный обмен научной информацией. Всем антарктическим станциям, с которыми поддерживается связь, кроме английской, из Мирного ежедневно передаются синоптические телеграммы за восемь сроков и дважды в сутки аэрологические данные; взамен поступают аналогичные материалы. С австралийской станцией на о. Маккуори и французской станцией на Земле Адели налажен ежемесячный обмен ионосферной информацией. Кроме того, эпизодический обмен материалами производится со станциями Австралии и Франции, а частично и Англии в области геологии, биологии, сейсмики и полярных сияний.

От редакции

Самые общие предварительные выводы, сделанные на основании проведенных наблюдений, будут изложены в статье начальника Антарктической экспедиции М. М. Сомова в следующем номере сборника.

Т. АРМСТРОНГ

ПОЛЯРНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ СКОТТА И АНГЛИЙСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АНТАРКТИКЕ

(доклад на заседании Ученого совета Арктического института 1 июня 1956 г.[1])

Мы с коллегой, д-ром Робертсом, очень довольны, что приехали в Советский Союз и смогли встретиться со многими советскими учеными. Мы хотим выразить глубокую благодарность Арктическому научно-исследовательскому институту за гостеприимство.

В обеих наших странах — Англии и СССР — уже несколько столетий проявляется большой интерес к исследованию полярных районов. Достижения советских полярников на обширных пространствах Советской Арктики внушают всеобщее уважение. Мы искренно надеемся на плодотворное сотрудничество между нашими странами в области полярных исследований. Во имя этой общей цели я хотел бы вкратце описать, как и над чем работает Полярный институт имени Скотта в Кембридже. Мне несколько неловко делать такой доклад, потому что я очень хорошо сознаю, насколько наша деятельность уже вашей. Но поскольку объем работы не является единственной предпосылкой успеха, мы должны сосредоточивать наши усилия на качестве.

Полярный научно-исследовательский институт имени Скотта создан в память Роберта Скотта и его спутников, которые погибли при возвращении с южного полюса в марте 1912 г. История этого путешествия известна. Это — рассказ о том, как Скотт с товарищами прошли пешком около 3000 *км* и находились всего в 20 *км* от базы, когда их застигла жестокая пурга. Они укрылись в палатке, где и остались навсегда. А так как многие считают, что некоторые английские путешественники и исследователи — просто спортсмены, мне хотелось бы подчеркнуть, что нарты Скотта были нагружены геологическими образцами.

Когда стал известен трагический конец путешествия, лорд-мэр Лондона организовал фонд в память погибших. Многие немедленно и щедро откликнулись. За счет фонда были материально обеспечены родственники погибших и изданы научные результаты экспедиции. Осталась значительная сумма, и было решено использовать эти деньги на развитие полярных исследований. Ф. Дебенхам (F. Debenham), который участвовал в последней экспедиции Скотта, а позднее стал первым профессором географии в Кембридже, предложил создать при университете Институт полярных

[1] Доклад прочитан Т. Армстронгом на русском языке. *Примеч. ред.*

исследований. Эта мысль возникла еще во время экспедиции. Геолог Пристли (Priestley) особенно интересовался этим планом. Дебенхам и Пристли институт представляли себе центром, где полярники могли бы встречаться и обмениваться опытом, где собирались бы и сохранялись для будущих исследователей изданные труды полярных экспедиций. Это предложение было одобрено и комитетом фонда, и так называемым сенатом, т. е. советом, управляющим университетом.

В 1920 г. профессор Дебенхам мог приступить к созданию института, так что наши институты фактически ровесники. Специального здания тогда не существовало, но комната в Музее геологии стала центром для всех интересующихся полярными исследованиями. Сразу же начали собирать коллекции книг, карт и оборудования. Тринадцать лет спустя началось строительство нашего теперешнего здания, которое открыл в 1934 г. премьер-министр и канцлер университета Стенли Болдуин (Stanley Baldwin).

Институт состоит из двух основных частей: музея и библиотеки. В музее хранится много экспонатов: картины, остатки знаменитых прошлых экспедиций, предметы материальной культуры северных народов — эскимосов и саамов, образцы оборудования современных экспедиций. Для того чтобы показать накапливаемый опыт, некоторые из экспонатов выставлены в хронологическом порядке. Таким образом, продемонстрировано, например, развитие конструкции защитных очков. Работа текущих или только что вернувшихся экспедиций тоже отражается в музее.

В библиотеке собрана коллекция книг, периодических изданий, оттисков и неизданных материалов, самая лучшая в Великобритании. Имеется также полное собрание карт — наземных, морских и воздушных, и значительное количество рукописей — дневников и судовых журналов разных полярных путешествий. В наших архивах хранятся и фотографии, и фильмы, и диапозитивы. Несколько лет тому назад институт получил первоклассную коллекцию антарктических изданий от Х. Р. Милла (Hugh Robert Mill) — предпоследнего библиотекаря при Королевском географическом обществе, который лично знал членов всех важных антарктических экспедиций со времен путешествия Росса (1837 г.).

Лаборатория институту не нужна, потому что рядом имеются университетские лаборатории. Если сотруднику института нужно провести какие-либо лабораторные анализы, ему легко сделать это на разных факультетах. Институт не только памятник прошлого, но и активный центр, национальный и международный, для поощрения и развития полярных исследований. Для достижения этой цели используются разные способы. Музей играет важную роль, потому что пробуждает у посетителей интерес к полярным районам. В музее, кроме того, устраиваются лекции, дискуссии, собрания. Обычно каждый полярный путешественник или исследователь, который возвращается из экспедиции или приезжает в Англию, читает лекцию в институте. Например, несколько недель тому назад, мы с большим интересом слушали лекцию Алексея Федоровича Трешникова о работе дрейфующей станции «Северный полюс-3». Может быть, еще важнее лекций отдельные встречи людей, имеющих общие интересы, в неофициальной обстановке.

Без сомнения, главная цель института — научно-исследовательская работа. Институт издает журнал «Поляр Рекорд» («The Polar Record»), в котором освещаются важнейшие текущие события в полярных районах. В нем публикуются сведения о работе экспедиций, статьи и заметки естественно-научного или исторического значения, рецензии и обширный библиографический материал, охватывающий литературу всех стран. «Поляр Рекорд» сначала издавался два раза в год, а теперь из-за увеличения материала выходит три раза в год.

Хотя необходимая для редакции журнала работа требует много усилий, другие научно-исследовательские работы также ведутся в нашем небольшом коллективе. Так, в последнее время институт занимался следующими темами: экономическое развитие арктических морских путей; географическое распространение морского льда в полярных областях; история второй мировой войны в полярных районах; диалекты эскимосов; географические названия в Антарктике. Кроме того, специалисты, нештатные сотрудники института, широко пользуются его материалами. Такие специалисты за последние два-три года изучили в институте геологию Шпицбергена и Земли Грейама, акклиматизацию человека в полярных областях, ластоногих мира, поведение ледников, петрологию антарктических горных пород и т. д. Главная контора Британского гляциологического общества находится в нашем институте. Это общество издает «Гляциологический журнал» («Journal of Glaciology») и имеет свыше 800 членов почти во всех странах мира.

Теперь я расскажу о текущей английской деятельности в Антарктике с целью показать один из видов работы института. Институт тесно связан, в качестве советника, со всеми проектами, которые я постараюсь описать.

Южная Георгия и Южные Сандвичевы острова принадлежат Англии с 1775 г., а Южные Оркнейские острова, Южные Шетландские острова, Земля Грейама и примыкающие острова и земли — с 1819 по 1821 г. Все эти области находятся под управлением английской администрации и с 1908 г. числятся в качестве единой области под именем Управления колоний Фальклендских островов (Falkland Islands Dependencies). Личный состав станций в Южной Георгии с 1904 г. постоянно укомплектовывается институтом, административное же управление Южных Шетландских островов и Земли Грейама осуществляется с о. Десепшн (Deception Island) с 1905 г. Там до сих пор производится лишь китобойный и тюлений промысел. До второй мировой войны научно-исследовательская работа в Управлении колоний Фальклендских островов велась кораблями Дискавери-комитета «Дискавери» («Discovery»), «Дискавери II» и «Вильям Скорезби» («William Scoresby») и на береговой станции в Южной Георгии. Комплексная программа включала топографическую съемку, исследования по биологии и промыслу китообразных и океанографические работы. Весьма обширная серия научных изданий «Discovery Reports» начала появляться уже 30 лет тому назад. После 1939 г. ежегодные рейсы кораблей комитета были прекращены из-за войны. В 1943 г. их возобновили. Была создана организация, которая называется Топографической службой Управления колоний Фальклендских островов («Falkland Islands Dependencies Survey»), которую впредь я буду называть ФИДС (FIDS).

У ФИДСа три основные цели: представлять интересы английской администрации в этой области, изучать экономические возможности и вести научные исследования. Правительственные органы Лондона несут ответственность за эту работу, но ФИДС находится под непосредственным административным контролем губернатора Фальклендских островов.

Первые постоянно укомплектовываемые станции были учреждены в феврале 1944 г. на о. Десепшн в Южной Шетландской группе и в Порт-Локрей на западе Земли Грейама. Позднее новые станции были основаны в Южной Оркнейской группе, Южной Шетландской группе и на западном побережье Земли Грейама. Теперь действует 10 станций.

У ФИДСа в настоящее время есть два корабля: «Джон Биско» («John Biscoe») и «Шеклтон» (Shackleton»). По крайней мере, одно военно-морское судно также летом совершает рейс в этом районе. В текущем году в Антарктике работало судно «Протектор» («Protector»), оборудованное для плавания во льдах и перевозки вертолетов. Новый корабль, предназначенный для

смены «Джона Биско», специально строится для ФИДСа и будет спущен на воду 11 июня.

Научно-исследовательская программа выполняется научными сотрудниками, которые проводят от 18 до 30 месяцев в Антарктике и по возвращении домой обрабатывают материалы наблюдений в различных университетах Англии. Я постараюсь рассказать в общих чертах об их работе.

Каждая станция передает синоптические сообщения в Стенли на Фальклендских островах. В период с 1944 до 1950 г. эти данные использовались для местных прогнозов погоды и передавались в Южную Америку, Южную Африку и кораблям в этом районе. В 1950 г. возникла необходимость в более тесной связи между Стенли и антарктическими станциями и была создана организация, называющаяся метеорологической службой ФИДСа. Прогнозы теперь составляются в Стенли и в Южной Георгии. Подробную синоптическую информацию дают эти станции и все антарктические станции. Кроме того, на Фальклендских островах действуют четыре вспомогательные станции; с кораблей также передаются сообщения.

Главные задачи метеорологической службы сводятся к следующему: составлять прогнозы для китобойных флотилий; давать местные прогнозы для Фальклендских островов; передавать по радио метеорологические сведения в виде синоптических обзоров; собирать и издавать климатические данные. Аэрологическая станция существует с 1947 г. Климатические данные за период с 1944 по 1950 г. были изданы с помощью метеорологической службы в Лондоне в 1954 г. В Стенли метеорологический отдел публикует «Ежегодные сообщения» («Annual Reports») с 1950 г. и «Ежегодные метеорологические таблицы» (Annual Meteorological Tables») с 1951 г.

Выполнение топографической съемки имеет большое значение. Почти вся работа на месте зависит от того, есть ли карты большого масштаба. Съемки производятся сотрудниками, зимующими главным образом на Земле Грейама. С этой целью они совершили несколько санных поездок на расстояние до 1700 *км*. Таким образом, были сделаны съемки почти всего восточного побережья Земли Грейама и части западного побережья. Ведутся также местные съемки в окрестности островных станций. В Южной Георгии три частные экспедиции во главе с В. Д. Косом (V. D. Carse) выполнили топографическую съемку острова, проработав там с 1951 до 1956 г.

Чтобы ускорить работу южным летом 1955 г. отдельной группой во главе с П. Моттом (P. G. Mott) была начата аэрофотосъемка. Эту работу по контракту с правительством выполняет фирма Хантинг-аэросъемка (Hunting Aerosurveys). Съемочная группа располагает собственным кораблем «Олаф Свен» («Oluf Sven») и самолетами-амфибиями «Кансо» («Canso»). Для транспортирования съемочных групп в недоступные места используются вертолеты.

Полевые съемки производятся в масштабе 1 : 100 000 и 1 : 200 000. Коллекция карт, покрывающих весь район деятельности ФИДСа, в масштабе 1 : 500 000 и 23 карты в систематической занумерованной серии в масштабе 1 : 200 000 были изданы Управлением колониальных съемок (Directorate of Colonial Surveys). Это — самая значительная, когда-либо изданная серия карт Антарктики. Подготовляется 45 карт в том же масштабе.

Гидрографические отряды Адмиралтейства сделали съемки портов в Южных Шетландских островах и в области пролива Брансфилд. Результаты этих съемок напечатаны в морских картах Британского Адмиралтейства. Они покрывают весь район деятельности ФИДСа. Приливные постоянные также были определены в нескольких пунктах.

Геологи, зимующие на материковых станциях, сопровождают группы съемщиков на санях, а вблизи других станций работают независимо от

них. Много сделано и в области петрологических исследований. Уже изданы статьи об ископаемых верхней и нижней меловой эпохи Земли Александра и северной части Земли Грейама. Весьма интересна находка среднетретичных пингвинов на о. Сеймор.

Многие обнажения горных пород очень трудно достижимы. Поэтому геологическая работа продвигается вперед медленно. Широкое использование вертолетов ускорит работу в будущем.

На Южных Оркнейских островах и в Южной Георгии начато подробное изучение распространения, разведения и поведения морского слона *(Mirounga leonina)*. Благодаря этому удалось разработать способ рационального контроля за промыслом, чтобы предотвратить снижение численности этого зверя. Интересны результаты исследования по определению возраста животных на основании распределения годичных колец на зубах. Это позволит определять возрастные соотношения в промысле морского слона. Таким образом, можно будет сокращать добычу, если окажется, что количество молодых животных в промысле слишком велико. Кроме того, большое внимание уделяется изучению тюленя Уедделла *(Leptonychotes Weddelli)*.

Проводятся также орнитологические исследования. Большое внимание уделяется подробным исследованиям в области разведения императорского пингвина *(Aptenodytes forsteri)* на островах Дион, на юго-западе от Земли Грейама, королевского пингвина *(Aptenodytes palasonica)* в Южной Георгии и пингвина Адели *(Pygoscelis adeliae)* в Хоуп-Бей.

Кольцевание птиц дало интересные результаты. Например, три буревестника *(Macronectes giganteus)*, окольцованные на Южных Оркнейских островах, найдены в Австралии и Новой Зеландии в течение шести месяцев после того, как они покинули гнездо.

Уже много лет собираются данные о распределении морского льда; в настоящее время они обрабатываются. Недавно была издана иллюстрированная терминология морского льда. Усиленными темпами ведется работа по усовершенствованию записи и передачи наблюдений по морским льдам.

Время от времени ведутся исследования по гляциологии, бактериологии, физиологии человека и собаки.

Результаты всех этих работ постепенно публикуются в специальных изданиях, называющихся «Научные сообщения ФИДСа» («FIDS Scientific Reports») и выходящих с 1953 г.

До 1944 г. работа в Антарктике редко продолжалась больше двух лет в одном районе, а часто ограничивалась одной зимой. В течение последних двенадцати лет комплексные станции ФИДСа позволяют вести длительные и гораздо более подробные исследования.

Перейдем теперь к теме Международного геофизического года и к английским планам его проведения в Антарктике. В Стенли, на Фальклендских островах, и на семи уже существующих станциях в 1957/58 г. будут проводиться наблюдения по метеорологии, ионосферным явлениям, гляциологии, океанографии и сейсмологии. Королевское общество в этом году открывает новую станцию в заливе Холли, на побережье моря Уедделла, на 75°36′ ю. ш.

Разведочная группа, состоящая из 10 человек во главе с Д. Долглишем (D. G. Dalgliesh), сейчас строит эту станцию. Они достигли залива Холли на судне «Тоттан» («Tottan») в январе этого года, а в январе будущего года на смену им приедет главная группа, чтобы вести научно-исследовательскую работу для Международного геофизического года. В научную программу входят метеорологические наблюдения в приземном слое, фотографирование южных сияний при помощи аппарата, дающего снимки

п.3/225

всего неба, и, наконец, наблюдения атмосферного озона при помощи спектрофотометра Добсона.

В заключение позвольте сказать несколько слов о Трансантарктической экспедиции. Это — третий и совсем независимый вид английской деятельности. Начальник этой экспедиции — д-р В. Фукс (V. E. Fuchs). Ее база на море Уедделла, известная под названием Шеклтон, находящаяся около восточного края шельфового ледника Фильхнера, организована д-ром Фуксом в конце января текущего года. Судно экспедиции «Терон» («Theron») покинуло Лондон 14 ноября прошлого года (1955). После остановки в Южной Георгии, оно направилось в море Уедделла. 27 декабря приблизительно на 68° ю. ш. и 24°30′ з. д. судно затерло во льдах. В течение месяца оно медленно дрейфовало со льдом и вышло на чистую воду благодаря сообщениям, доставленным вертолетом с английского военно-морского корабля «Протектор». «Терон» пошел дальше на восток и затем повернул на юг, по направлению к Антарктическому материку. Пройдя вдоль побережья Земли Котса, он подошел к району залива Везеля. В конце января воздушная разведка, произведенная двумя принадлежащими экспедиции самолетами «Остер» («Auster»), обнаружила подходящее место для базы Шеклтон на шельфовом леднике, в 77°57′ ю. ш. и 37°16′ з. д. 30 января началась разгрузка; корабль ушел 7 февраля. Восемь человек во главе с К. Блейклоком (K. V. Blaiklock) остались зимовать на Шеклтоне для того, чтобы произвести рекогносцировку пути к полюсу.

Э. Хиллари (E. Hillary), один из двух человек, достигший вершины Эвереста в 1953 г., будет возглавлять новозеландскую вспомогательную группу, которая подойдет к отряду В. Фукса от моря Росса. Э. Хиллари в течение прошлого лета (южного) находился на борту «Терона».

В 1955/56 г. три новозеландца присоединились к американской экспедиции «Дипфриз I» (Deepfreeze I») в заливе Мар-Мурдо (море Росса). Их задачей являлись поиски подходящего места для новозеландской базы, которая будет носить название Скотт, и разведка пути к полярному плоскогорью. Решение о местоположении этой базы будет принято после того, как будут рассмотрены доклады об их путешествиях на санях и аэрофотоснимки.

Летом 1956/57 г. главная группа, направляющаяся в Шеклтон, выйдет из Лондона на ледокольном пароходе «Магга Дан» («Magga Dan»), а зимующая группа, уже находящаяся в Шеклтоне, установит передовую базу в 300 милях от побережья. Путешествие от моря Уедделла до моря Росса через Южный полюс будет совершено в период с ноября 1957 г. до февраля 1958 г. Начальник партии В. Фукс и группа в 18 человек с Шеклтона намереваются передвигаться при помощи двух упряжек собак и шести вездеходов: четырех—марки «Сно-Кетс» («Sno-cats») и двух—марки «Уизлс» («Weasels»). В помощь им будет придан двухмоторный самолет типа «Оттер» («Otter»). Одновременно вспомогательная группа Хиллари будет продвигаться по материку от базы Скотт. По пути к полюсу будут созданы склады; грузы будут доставлены на собачьих упряжках и самолетах.

Топографическая съемка, метеорологические, гляциологические и сейсмологические наблюдения будут проводиться экспедицией, но главная ее цель — переправиться по суше через Антарктический материк, иными словами, пройти расстояние в 2700 *км*.

Вот в общих чертах краткий обзор английской деятельности в Антарктике, в которой, как я уже говорил, наш институт принимает участие. С задачами же института я вас познакомил в начале доклада и надеюсь, что теперь вы яснее представляете себе, как мы работаем.

Поступила 27/VII 1956 г.

З. М. ГУДКОВИЧ

К ИЗУЧЕНИЮ НЕВЕТРОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДРЕЙФА ЛЬДОВ

Результаты анализа дрейфа экспедиций, работавших в центральной части Арктического бассейна, свидетельствуют о наличии двух основных составляющих, на которые можно разложить движение льда: ветровой дрейф, вызванный воздействием ветра на ледяной покров, и дрейф остаточный, не связанный непосредственно с ветром и обычно приписываемый влиянию течений. Изучению ветрового дрейфа льда посвящено довольно много работ, в том числе ряд теоретических исследований [2, 3, 5, 7, 8], тогда как вторая составляющая дрейфа до сего времени изучена очень слабо. Между тем именно неветровая составляющая играет решающую роль в генеральном дрейфе льдов центральной части Арктического бассейна. Она легко обнаруживается при рассмотрении отрезков дрейфа за периоды, в которые равнодействующая ветра равна нулю [1], а также путем построения векторных диаграмм по методу Свердрупа [8]; последний метод был позднее усовершенствован В. Х. Буйницким [1].

Роль неветровой составляющей в дрейфе судна «Фрам» (1893—1896 гг.) составила 69,5%, в дрейфе л/п «Г. Седов» (1937—1940 гг.) — 68,5%, а в дрейфе станции «Северный полюс-1» (1937/38 г.) достигла 80% [1]. Обработка материалов дрейфующей станции «Северный полюс-2» (1950/51 г.) показала, что непосредственно ветром обусловлено лишь 50% общего дрейфа этой станции за год.

Вычисления роли неветровой составляющей в суммарном дрейфе льдов, проведенные нами для различных районов центральной части Арктического бассейна, показывают, что в среднем для Центральной Арктики роль ветрового дрейфа не превышает ⅓, тогда как остальные ⅔ генерального дрейфа падают на неветровую его составляющую.

Существовавшее ранее мнение о том, что роль неветровой составляющей (течения) существенно уменьшается в Американском секторе океана, опровергается произведенным нами расчетом дрейфа остатков лагеря станции «Северный полюс-2», обнаруженных весной 1954 г. в районе, из которого начался дрейф в конце марта 1950 г. Расчет ветрового (изобарического) дрейфа, а также суммарного перемещения ледяного поля с учетом течений, определенных на основании динамической карты, показал, что при отсутствии неветровой составляющей остатки лагеря «Северный полюс-2» к началу 1954 г. оказались бы у берегов о. Принца Патрика, т. е. далеко от того района, где в действительности они находились к этому времени.

[1] Этот способ обычно носит название «метод Нансена».

Поражающая многих наблюдателей хорошая согласованность между ветром и дрейфом при рассмотрении отдельных коротких периодов нередко пропадает, если рассматривать более длительные периоды.

В табл. 1[1] приведены предварительные данные о результирующем ветре и дрейфе за месячные периоды дрейфа станции «Северный полюс-5» в 1955/56 г.

Таблица 1

Данные о результирующем ветре и дрейфе станции „Северный полюс-5" в 1955/56 г. по месяцам

Характеристика	1955 г.								1956 г.		
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
Средняя результирующая скорость дрейфа *(м/сек)* . .	0,029	0,039	0,020	0,024	0,049	0,072	0,039	0,042	0,013	0,013	0,016
Результирующее направление дрейфа относительно 90° в. д. . . .	291	281	347	262	220	257	303	267	292	122	266
Средняя результирующая скорость ветра *(м/сек)*	1,8	1,2	1,0	0,2	2,4	3,5	2,0	1,7	0,6	1,9	0,4
Направление результирующего ветра относительно 90° в. д. . . .	69	51	171	307	334	51	98	69	215	267	286

Из таблицы видно, что в трех из 11 рассмотренных месяцев (т. е. почти всегда, когда ветер был направлен навстречу генеральному дрейфу) фактический дрейф имел составляющую, направленную против результирующего ветра. Существенная роль неветровой составляющей дрейфа, естественно, проявляется особенно заметно в периоды, когда ветры слабы и неустойчивы по направлению.

До последнего времени неветровая составляющая дрейфа отождествлялась с поверхностными (так называемыми «постоянными») течениями. Считалось, что если в данном районе существует поверхностное течение, то при отсутствии ветра лед будет увлекаться этим течением; при этом скорость дрейфа льда будет совпадать по величине и направлению со скоростью поверхностного течения. Этот взгляд, казалось, подтверждается тем, что дрейф льдов в Центральной Арктике неплохо согласуется с динамическими картами поверхностных течений.

В качестве примера на рис. 1 приведена динамическая карта течений на горизонте 5 *м* относительно поверхности 1000 *дцб*, построенная по данным пяти глубоководных гидрологических станций, выполненных 27 июля — 1 августа 1955 г. гидрологами дрейфующей станции «Северный полюс-5». Обращает на себя внимание, что дрейф станции в течение четырех месяцев в общем соответствует направлению изодинам.

Однако отождествление скорости и направления течения со скоростью и направлением вызванного этим течением дрейфа льда не соответствует

[1] Табл. 1 и рис. 1 взяты из отчета о работе дрейфующей научно-исследовательской станции «Северный полюс-5» в 1955/56 г.

нашим представлениям о механизме воздействия течения на ледяной покров. В самом деле, для того чтобы ледяной покров увлекался движением подстилающей воды, необходимо наличие градиента скорости течения по вертикали в подледном слое (скорость течения должна возрастать с глубиной). Только при наличии этого градиента может существовать сила трения, являющаяся в данном случае движущей силой (учитывая наличие сопротивления, возникающего при совместном движении ледяных полей).

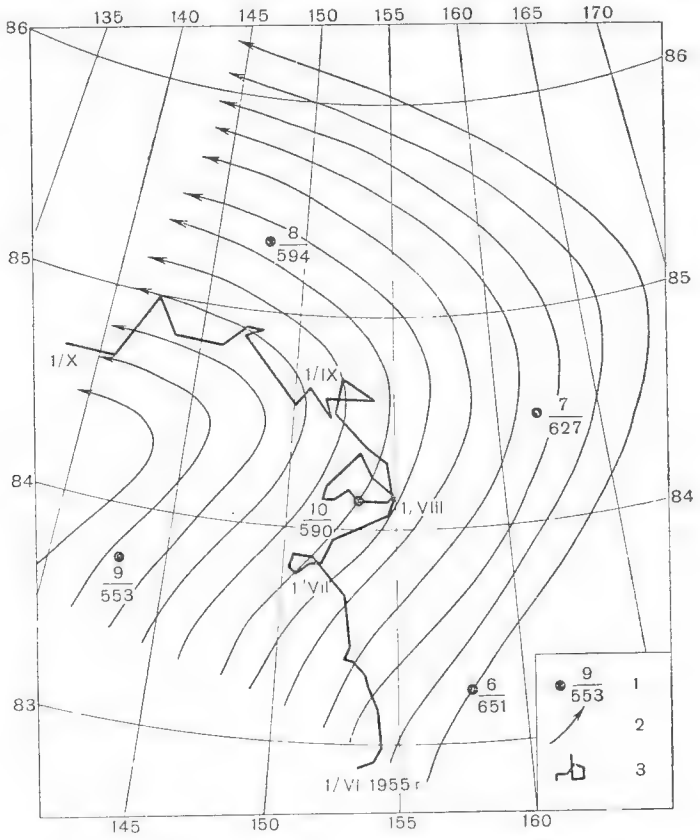

Рис. 1. Динамическая карта течений на горизонте 5 *м* относительно 1000 *м* для района дрейфа станции «Северный полюс-5» летом 1955 г.

1 — гидрологические станции (цифры в числителе — номер станции, в знаменателе — динамическая высота); *2* — изодинамы; *3* — траектория дрейфа.

Непосредственные же инструментальные наблюдения над течением показывают, что при движении ледяного покрова скорости течения в подледном слое воды, как правило, убывают с глубиной, т. е. сила трения на границе лед-вода является не движущей силой, а представляет собой сопротивление. При отсутствии ветра приборы обычно регистрируют нулевые скорости. Понятно, что исследование этого вопроса сильно затрудняется ветровым дрейфом льда, а также и тем, что движение льда и воды в общем случае не является установившимся.

Следует также отметить, что под воздействием силы Кориолиса лед должен отклоняться в северном полушарии вправо от направления действующей силы (течения). Между тем на рис. 1 заметно отклонение дрейфа влево от направления изодинам.

Таким образом, следует, по-видимому, отказаться от представления о «влекущем» влиянии течения на ледяной покров.

Приведенные факты станут более понятными, если вспомнить, что «динамическая карта поверхности моря представляет собою прежде всего карту рельефа этой поверхности» [4, стр. 28], а динамические меры измерения динамической топографии могут быть с достаточной точностью заменены единицами длины. Отсюда следует, что ледяной покров фактически движется на наклонной поверхности океана, и на него воздействует составляющая силы тяжести, направленная по касательной к этой поверхности (рис. 2а). Величина этой силы, приходящейся на единицу поверхности ледяного покрова, определяется формулой

$$G = mg \sin \gamma , \qquad (1)$$

где m — масса льда, приходящаяся на единицу поверхности;
g — ускорение силы тяжести;
γ — наклон свободной поверхности океана в данной точке.

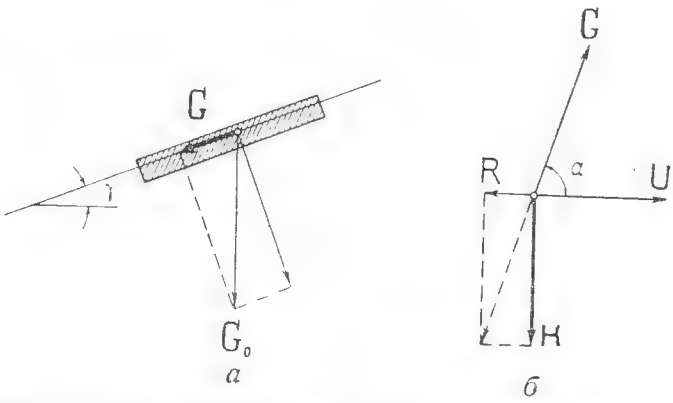

Рис. 2. Схема расположения сил при движении льда по наклонной поверхности.

При установившемся движении и отсутствии сопротивления эта сила будет уравновешиваться силой Кориолиса.

$$mg \sin \gamma = 2\omega m \ U \sin \varphi ,$$

где ω — угловая скорость вращения Земли;
U — скорость движения ледяного поля;
φ — географическая широта.

Скорость движения льда будет в этом случае направлена под углом 90° вправо (в северном полушарии) от направления силы G, т. е. в направлении изодинам.

Взаимодействие сил при наличии сопротивления может быть представлено схемой, изображенной на рис. 2б. Из рассмотрения этой схемы можно получить соотношение

$$G^2 = R^2 + K^2 , \qquad (2)$$

где $K = 2\omega m \ U \sin \varphi$ — сила Кориолиса;
R — сила сопротивления.

Сопротивление R складывается главным образом из двух сил: во-первых, трения на границе лед — вода, зависящего от шероховатости нижней

поверхности льда, плотности воды и скорости дрейфа и выражаемого формулой

$$R_1 = \kappa_w \rho_w \; U^2 = \kappa^1 \; U^2 , \qquad (3)$$

где ρ_w — плотность воды (практически равна 1);
k_w — коэффициент трения, величина которого обычно принимается равной 0,004 (в системе CGS);

во-вторых, сопротивления, возникающего при совместном движении ледяных полей в результате столкновения льдин, наличия бокового трения и т. д. Эта сила зависит главным образом от сплоченности льдов. О существенной ее роли в дрейфе льдов свидетельствует то обстоятельство, что ветровые коэффициенты (отношение скорости дрейфа к скорости ветра) заметно изменяются в течение года, достигая наибольших значений к концу лета, когда сплоченность льдов в результате таяния становится минимальной, и уменьшаясь зимой, когда ледяные поля смерзаются и сплоченность их увеличивается. Так, согласно результатам анализа дрейфов л/п «Г. Седов» и станции «Северный полюс-2» амплитуда сезонных изменений ветровых коэффициентов (отклонение от среднегодового значения) для центральной части Арктического бассейна достигает $\pm$ 15—25%.

Характер действия этой силы изучен слабо, однако имеются соображения [3] о наличии квадратичной зависимости ее от скорости дрейфа:

$$R_2 = \kappa'' \; U^2 ,$$

где k'' — коэффициент пропорциональности, зависящий от массы, физических свойств, сплоченности льдов и других факторов.

Можно предположить, что численное значение коэффициентов k' и k'' одного порядка. Подтверждением этого служит сопоставление выводов теории дрейфа льда, предложенной В. В. Шулейкиным, с результатами анализа дрейфа станции «Северный полюс-1». Известно, что В. В. Шулейкин в своей теории исходил из предположения о том, что основное сопротивление движению льда создается силой трения на границе лед—вода, определяемой выражением (3). Сопоставление этой теории с результатами анализа дрейфа станции «Северный полюс-1» заставило В. В. Шулейкина сделать вывод, что «истинное значение коэффициента трения льда о морскую воду лежит в пределах 0,008—0,01» [7, стр. 128], т. е. примерно вдвое больше, чем обычно принимается в гидромеханике. Это расхождение, несомненно, объясняется тем, что автор пренебрег дополнительной силой сопротивления R_2.

Допустив, что оба слагаемые сопротивления R направлены противоположно скорости движения льда, получим

$$R = R_1 + R_2 = (\kappa' + \kappa'') \; U^2 = \kappa \, U^2 . \qquad (4)$$

Величина коэффициента k, по-видимому, находится в пределах 0,004—0,010 и может быть в дальнейшем уточнена специальными наблюдениями.

Подставляя значения G, K и R из формул (1) и (4) в выражение (2) и решая биквадратное уравнение, получим следующее выражение для скорости дрейфа (отрицательные и мнимые корни отброшены):

$$U = \frac{\sqrt{-2m^2 \omega^2 \sin^2 \varphi + \sqrt{4m^4 \omega^4 \sin^4 \varphi + \kappa^2 m^2 g^2 \sin^2 \gamma}}}{\kappa} . \qquad (5)$$

Угол отклонения направления дрейфа от действующей силы G определится по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K}{R} = \frac{2 \omega m \sin \varphi}{\kappa \, U} \qquad (6)$$

Из формулы (5) следует, что скорость дрейфа льда зависит главным образом от наклона поверхности океана γ, коэффициента сопротивления k и массы, приходящейся на единицу поверхности m, т. е. толщины льда.

На рис. 3 представлены графики зависимости скорости и направления дрейфа от наклона свободной поверхности, построенные на основании формул (5) и (6) для различных значений коэффициента сопротивления k и толщины льда m: кривые 1 и 1′ — для $k = 0{,}004$ и $m = 270$, что соответствует толщине льда около 3 *м*; кривые 2 и 2′ — для $k = 0{,}008$ и $m = 270$; кривые 3 и 3′ — для $k = 0{,}008$ и $m = 2700$, что соответствует толщине

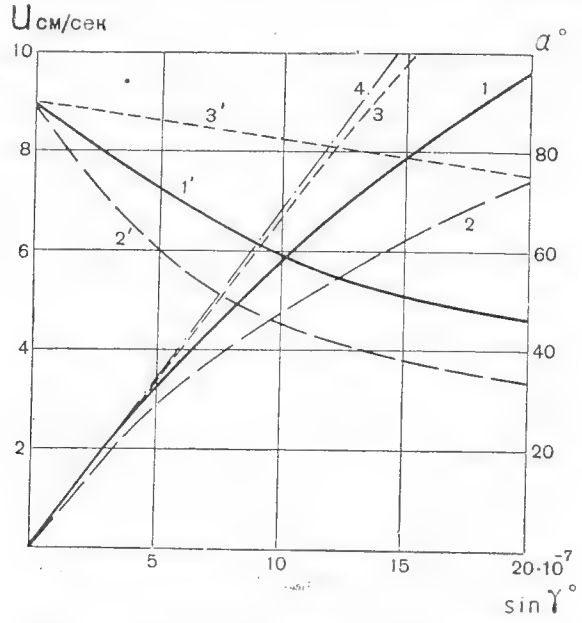

Рис. 3. Зависимость скорости и направления дрейфа льда от уклонов поверхности океана.

1 и *1*′ — соответственно скорость и направление при $\kappa = 0{,}004$ и $m = 270$; *2* и *2*′ — то же при $\kappa = 0{,}008$ и $m = 2700$; *3* и *3*′ — *4* — скорость градиентного течения.

льда около 30 *м* (характерно для ледяных островов). Во всех случаях принята широта 90°. Вследствие незначительного изменения sin φ в полярных районах указанные графики характерны для всей центральной части Арктического бассейна.

Рис. 3 свидетельствует о том, что уменьшение скорости дрейфа при увеличении коэффициента сопротивления существенно лишь при больших уклонах (от 10^{-6} и более). Угол отклонения направления дрейфа α от движущей силы G всегда меньше 90° и убывает с увеличением скорости дрейфа. Увеличение толщины льда также сказывается на возрастании скорости дрейфа практически лишь при больших уклонах; при этом изменение коэффициента сопротивления играет значительно меньшую роль.

Интересно сравнить скорость дрейфа льда со скоростью поверхностного градиентного течения, определяемой по известной формуле динамического метода

$$U = \frac{10\Delta d}{2\omega L \sin\varphi},$$

где U — составляющая скорости градиентного течения (в *м/сек*); перпендикулярная гидрологическому разрезу;

Δd — разность динамических высот на гидрологическом разрезе (в *дин. м*);

L — расстояние между гидрологическими станциями (в *м*);

ω — угловая скорость вращения Земли;

φ — широта.

Отношение $\frac{\Delta d}{L}$ в этой формуле численно равно тангенсу наклона изобарической поверхности, в данном случае — поверхности моря ($\operatorname{tg}\gamma$). Подставляя в формулу значение $\omega = 729 \cdot 10^{-7}$ сек.$^{-1}$ и принимая, как и выше, $\varphi = 90°$, получим скорость течения в зависимости от угла наклона γ:

$$U = 68580 \operatorname{tg}\gamma .$$

Этой формуле на рис. 3 соответствует прямая *4*.

Как видно из рисунка, разница скоростей поверхностного течения и дрейфа, обусловленного наклоном поверхности моря, очень невелика и для сравнительно небольших уклонов, имеющих место в Центральной части Арктического бассейна, выходит за пределы точности измерений современными приборами. Это значит, что сопротивлением воды (трением на границе лед — вода) при изучении неветрового дрейфа можно пренебречь, и общее сопротивление движению льда будет определяться лишь вторым слагаемым сопротивления R_2.

Возвращаясь к рис. 1, найдем, что при уклоне, имеющем место между ст. 6 и 9 ($\sin\gamma = 7 \cdot 10^{-7}$), скорость дрейфа составляет примерно 4 *см/сек*, а его направление отклоняется в л е в о от изодинамы на угол около 25°. Следует отметить, что фактические скорости неветрового дрейфа, как правило, должны быть ниже рассчитанных по уклонам, снятым с динамических карт, так как на наклон поверхности океана, связанный с неравномерным распределением водных масс (т. е. с градиентами плотности в морской воде в горизонтальных направлениях), накладывается влияние гидростатической разности атмосферного давления. Нетрудно показать, что возникающие под воздействием неравномерности атмосферного давления уклоны поверхности моря в общем случае будут иметь направление, противоположное рассмотренным выше. Однако поправка в каждом конкретном случае может быть легко вычислена по картам атмосферного давления.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что главной причиной неветрового дрейфа льдов являются уклоны физической поверхности океана, тогда как непосредственное («влекущее») влияние течений сказывается, по-видимому, лишь в уменьшении сопротивления при дрейфе в направлении течения.

Коротко остановимся на вопросе об основных причинах, создающих уклоны уровенной поверхности и вызывающих дрейф льдов в центральной части Арктического бассейна. Известно [6], что неравномерное распределение водных масс, обусловливающее уклоны уровня в океане, может возникнуть под воздействием как механических (ветер), так и немеханических факторов (неравномерный нагрев, распреснение или осолонение).

В центральной части Арктического бассейна отсутствуют немеханические факторы, способные вызвать наблюдаемое в действительности распределение водных масс: концентрация более легких (менее соленых) поверхностных вод в Канадско-Аляскинском секторе океана, главным образом, в районе антициклонической циркуляции, и более тяжелых — к северу от морей Баренцова, Карского и Лаптевых. Легко представить, что при отсутствии механических факторов распределение масс было бы противоположным наблюдаемому в действительности, и поверхностные воды перемещались бы с запада на восток.

Таким образом, следует считать, что существующее распределение водных масс вызвано средним ветровым дрейфом на всей площади бассейна в результате приспособления поля масс к дрейфовой циркуляции.

Скорость ветрового дрейфа в центральной части Арктического бассейна за короткие периоды в среднем в 3—4 раза превышает скорость неветровой его составляющей, тогда как в генеральном дрейфе роль ветрового дрейфа не превышает $^1/_2$, как было показано выше. В. Х. Буйницкий [1] на основании этого делает вывод, что на перемещение льдов в генеральном направлении затрачивается всего около 17% энергии, которую сообщает ледяному покрову тангенциальное давление ветра, а остальные 83% энергии расходуются на деформацию льдов. На самом же деле значительная часть этой энергии идет на перемешивание вод, создает и поддерживает определенное распределение водных масс и связанные с ним уклоны свободной поверхности океана. При этом кинетическая энергия ветра частично через ветровой дрейф льдов переходит в потенциальную энергию наклона изобарических поверхностей, которая, в свою очередь, превращается в кинетическую энергию движения воды (градиентное течение) и льда (неветровой дрейф).

Таким образом, как собственно ветровой дрейф, так и неветровая его составляющая определяются в основном циркуляцией атмосферы над Северным Ледовитым океаном.

Говоря о первенствующей роли атмосферных процессов в формировании системы течений и дрейфа льда в центральной части Арктического бассейна, следует иметь в виду, что сами течения и дрейф, на что неоднократно указывал В. Ю. Визе, также оказывают влияние на циркуляцию атмосферы. Так, усиление выноса льдов в Гренландское море вызывает, в конечном счете, уменьшение термических градиентов между атлантическими и арктическими массами воздуха, ослабление исландского минимума и смещение его на юг, в результате чего вынос льдов ослабевает. Это ведет к обострению температурных градиентов, углублению исландской депрессии и ее ложбины, что способствует усилению выноса льдов, и т. д. К аналогичному эффекту приводит усиление притока и повышение температуры атлантических вод, поступающих в Северо-Европейский бассейн. В этом проявляется диалектическое единство атмосферных и гидросферных процессов, сказывающееся в работе «тепловых машин» Земли.

Указывая на решающую роль циркуляции атмосферы в дрейфе льдов центральной части Арктического бассейна, следует помнить о влиянии факторов, не связанных непосредственно с атмосферной циркуляцией над океаном. Одним из таких факторов является приток пресных вод, выносимых реками в арктические моря [1], что создает и поддерживает разность плотностей воды между Арктическим бассейном и Северной Атлантикой. Хотя роль этих вод в водном балансе океана чрезвычайно мала (около 2% приходной части баланса), их влиянием на вынос льдов из Арктического бассейна в Гренландское море пренебречь нельзя.

Распространяясь в этом бассейне, речные воды перемешиваются с морской водой, в результате чего создается сравнительно тонкий слой поверхностных арктических вод, в основном и питающих сток через пролив между Гренландией и Шпицбергеном. Вместе с этими водами сточным течением и ветровым дрейфом постоянно выносится из Арктического бассейна огромное количество солей, что влечет за собой увеличение разности плотностей вод этого бассейна и Северной Атлантики, а тем самым и усиление водо-

[1] При этом нужно также учитывать превышение объема выпадающих осадков над испарением.

обмена между ними. Дефицит солей восполняется притоком сравнительно соленых атлантических вод.

Количественная оценка роли каждого из перечисленных основных факторов может быть сделана после накопления необходимых наблюдений.

Поступила 24/X 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буйницкий В. Х. Формирование и дрейф ледяного покрова в Арктическом бассейне. Труды дрейф. эксп. Главсевморпути на л/п «Г. Седов» 1937—1940 гг., т. IV, изд. Аркт, инст., 1951.

2. Геворкян Р. Г. и Чаплыгин Е. И. Свободный дрейф ледяных полей. Проблемы Арктики. № 11, 1940.

3. Геворкян Р. Г. Теория дрейфа ледяных полей. Проблемы Арктики, № 4, 1941.

4. Зубов Н. Н. и Мамаев О. И. Динамический метод вычисления морских течений. Гидрометеоиздат, Л., 1956.

5. Швец М. Д. К гидромеханической теории дрейфа ледяных полей. Гидрол. и метеорол., 6, 1946.

6. Штокман В. Б. Исследования влияния ветра и рельефа дна на результирующую циркуляцию и распределение масс в неоднородном океане или море. Труды Инст. океанол. Акад. наук СССР, т. III, 1949.

7. Шулейкин В. В. Физика моря. Изд. Акад. наук СССР, 1954.

8. Sverdrup H. The wind-drift of the ice in the North Siberian shelf. The Norv. North Polar Exped. with the «Maud» 1918—1925. Scientific Results, vol. IV, №1, Bergen, 1928.

В. Т. ТИМОФЕЕВ

О ФОРМИРОВАНИИ ДОННЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

В изучении центральной части Арктического бассейна одним из наиболее сложных является вопрос о формировании донных вод. Ф. Нансен [5] считал, что эти воды формируются на поверхности Гренландского моря в районе о. Ян-Майена в результате охлаждения и перемешивания атлантических вод с полярными. Перемешиваясь, эти воды опускаются вниз, заполняют глубоководные части Норвежского и Гренландского морей и через подводный порог Нансена (между Шпицбергеном и Гренландией) поступают в Арктический бассейн. Позднее тот же автор [6] указывал, что в Арктический бассейн проникают воды только верхней части этого слоя, которые в районе о. Ян-Майена имеют температуру —0°,8 и соленость 34,90‰; поступлению же в Арктический бассейн воды из более глубоких слоев Гренландского моря (с более низкой температурой) препятствует порог Нансена. Впоследствии на основании новых материалов вопрос о формировании этих вод подвергся пересмотру.

П. П. Ширшов [4] пришел к заключению, что глубинные воды центральной части Арктического бассейна формируются на месте путем постепенного охлаждения атлантических вод. Этот вывод он основывал на том, что соленость атлантической и донной вод в Арктическом бассейне совершенно одинакова, а температура глубинной воды по сравнению с таковой же в Гренландском море более высокая. Поэтому П. П. Ширшов справедливо считал, что в рамки гипотезы Нансена не укладываются следующие основные факты: 1) полная однородность солености «глубинной воды» и «атлантической» и 2) более высокие температуры глубинной арктической воды (—0,°8) по сравнению с температурой глубинной воды в Гренландском море (—1°,3), даже если учесть адиабатическую поправку около 0,°1 для глубины 2000 *м*.

Если бы более детальные и тщательно выполненные гидрохимические анализы атлантической и донной вод центральной части Арктического бассейна подтвердили, что соленость этих двух водных масс действительно одинакова, то вывод П. П. Ширшова был бы вполне убедительным. Однако имеющиеся в настоящее время материалы не могут подтвердить местное происхождение донных вод за счет постепенного охлаждения атлантических вод. Правда, по солености эти две водные массы отличаются только на сотые доли промилле, но тем не менее соленость донной воды всегда выше, чем атлантической. Для подтверждения сказанного в табл. 1 приведена соленость донной и атлантической вод (на глубинах, где констатирована мак-

симальная температура последней). Для такого сравнения были использованы данные всех глубоководных (2000 *м* и глубже) гидрологических станций,[1] расположенных в приатлантической котловине Арктического бассейна, расположенной между порогом Нансена и хребтом Ломоносова.

Глубина залегания атлантической воды с максимальной температурой составляет:

по данным станции «Северный полюс-1»		250—400 *м*
» »	экспедиции на л/п «Г. Седов»	250—400 »
» »	Высокоширотной воздушной экспедиции 1948 г.	400 »
» »	» » » 1949 »	300—400 »
» »	» » » 1950 »	300—400 »
» »	» » » 1954 »	300—400 »
» »	» » » 1955 »	200—400 »
по данным станции «Северный полюс-3»		300—500 »

Таблица 1

Средняя соленость атлантической воды на глубинах, где констатирована ее максимальная температура, и донной воды на различных горизонтах в приатлантической котловине Арктического бассейна

Воды	Глубина (*м*)	Станция „Северный полюс-1" 1937/38 г.	Л/п „Г. Седов" 1937—1940 гг.	Высокоширотные воздушные экспедиции					Станция „Северный полюс-3" 1954/55 г.	Средние
				1948 г.	1949 г.	1950 г.	1954 г.	1955 г.		
Атлантическая	200—400	34,94	34,80	34,92	34,90	34,87	34,87	34,87	34,88	34,88
	2000	34,97	34,99	34,94	34,96	34,96	34,95	34,94	34,93	34,95
Донная	2500	34,97	—	34,94	34,97	34,97	34,95	34,94	34,93	34,95
	3000	34,97	—	—	34,99	34,98	34,94	34,94	34,93	34,96

Табл. 1 показывает, что даже в стрежне атлантических вод соленость все же меньше солености донных вод.

Анализ глубоководных гидрологических наблюдений, выполненных в северо-восточной части Гренландского моря, на пороге Нансена и на северном его склоне, привел к заключению, что донная вода, заполняющая западную глубоководную котловину Арктического бассейна, формируется в Гренландском море и главным образом в осенне-зимний период. В этот период в указанном районе развивается конвекция, достигающая в Гренландском море глубины залегания донной воды и приводящая к перемешиванию ее с атлантической водой. В результате температура донной воды значительно повышается; несколько повышается и соленость.

Перемешиваясь вследствие конвекции, донные воды Гренландского моря при пересечении порога Нансена поднимаются, затем, пройдя его, опускаются и, следовательно, подвергаются еще турбулентному перемешиванию с атлантической водой; плотность этой воды становится несколько выше плотности окружающих вод, и она опускается вдоль северного склона порога Нансена в придонные слои Арктического бассейна. Указанное хорошо подтверждается распределением солености и особенно устойчивости. Ход изолиний этих элементов указывает на значительную перемешанность вод на северном склоне порога Нансена, так как соленость и вертикальная

[1] К ним относятся: наблюдения станции «Северный полюс-1» 1937/38 г., л/п «Г. Седов» 1937—1940 гг., Высокоширотных воздушных экспедиций 1948, 1949, 1950, 1954 и 1955 гг., а также наблюдения дрейфующей станции «Северный полюс-3» 1954/55 г.

устойчивость вод в этом районе от глубины 100—150 *м* и до самого дна совершенно однородны.

Кроме того, наблюдениями установлено [2], что наименее стратифицированные и наиболее перемешанные воды в северной части Гренландского моря наблюдаются в холодный период года. Так, например, наблюдения на з/с «Нерпа», выполненные в декабре 1936 г., показали, что интенсивные процессы перемешивания создали в рассматриваемом районе условия почти полной гомотермии и гомохалинности от поверхности до глубины 500 *м* (на больших глубинах в том году наблюдения не производились).

Наблюдения, произведенные в этом же районе в августе 1933 и 1934 гг. с з/с «Персей», показали значительную стратификацию слоев. Из этого можно сделать вывод, что в летний период атлантические воды сосредоточиваются в верхнем слое, тогда как в зимний период в результате интенсивного перемешивания они распределяются в более мощном слое. Увеличение физических свойств, присущих атлантическим водам на глубинах в северной части Гренландского моря, обусловливает значительное повышение температуры и некоторое повышение солености донных вод. Это подтверждается и распределением температуры и солености на гидрологических станциях и в районе порога Нансена, выполненных экспедицией на «Наутилусе» в конце августа и начале сентября 1931 г. и на л/к «Сталин» в конце декабря 1939 г. и первой половине января 1940 г. Для сравнения распределения температуры и солености приведены данные двух гидрологических станций, расположенных вблизи друг от друга (табл. 2).

Таблица 2

Распределение температуры и солености на пороге Нансена

Глубина (*м*)	Ст. 8, „Наутилус“ 1931 г. 80°01′ с. ш., 06°50′ в. д.		Ст. 4, л/к „Сталин“ 1940 г. 81°00′ с. ш., 03°37′ в. д.	
	температура	соленость (%)	температура	соленость (%)
5	—0,95	—	—	—
10	—	—	—1,73	34,07
25	—1,51	33,70	—1,70	34,07
50	0,29	34,38	0,70	34,58
75	0,90	34,62	2,50	34,88
100	2,71	34,94	3,07	34,97
150	—	—	3,11	34,97
200	3,24	—	—	—
200	3,24	35,08	3,02	34,97
240	2,72	35,04	—	—
300	—	—	3,00	34,97
345	2,41	35,04	—	—
400	—	—	2,55	34,97
450	2,11	35,03	—	34,97
500	—	—	1,99	34,97
545	1,35	34,98	—	—
697	—0,07	34,92	—	—
750	—	—	0,02	34,97

Проведенное сравнение со всей очевидностью подтверждает вывод о том, что благодаря интенсивному перемешиванию, развивающемуся в холодный период года, происходит формирование донных вод центрального Арктического бассейна. Если пренебречь вековыми колебаниями температуры и солености вод, то из данных табл. 2 можно заключить, что с 5 сентября по 10 января в стрежне атлантических вод температура уменьшается на 0°,22 и соленость — на 0,11‰, а в придонном слое, на глубине 700 *м*, соответственно увеличивается на 0,°39 и 0,05‰, т. е. как раз на ту величину, которая отличает донную воду в Гренландском море и в центральной части Арктического бассейна, прилегающей к Европейскому материку и Гренландии. Следовательно, вследствие увеличения скорости течения и интенсивного развития конвекции в осенне-зимний период температура донной воды Гренландского моря в результате перемешивания с атлантической водой увеличивается с —1,°1 до —0,°8, а соленость с 34,92 до 34,97‰. Отсюда можно прийти к заключению, что донная вода, заполняющая приатлантическую глубоководную котловину Арктического бассейна, расположенную между порогом Нансена и хребтом Ломоносова, по своим свойствам является водой, сформировавшейся из донной и атлантической вод северо-восточной части Гренландского моря. Впрочем, не исключается, что некоторое количество донной воды в приатлантической котловине Арктического бассейна образуется за счет постепенного охлаждения атлантической воды, которая сначала трансформируется в промежуточную нижнюю, а затем в донную воду. Можно также предполагать, что частично эти донные воды могут формироваться в некоторых окраинных морях при процессах ледообразования.

А. Ф. Лактионовым и Л. Л. Балакшиным доказано, что в районе центрального мелководья Карского моря конвекционное перемешивание сравнительно быстро достигает дна. В результате сильно понижается температура, увеличивается соленость и, как следствие, значительно увеличивается плотность всего слоя. Эти воды, как более тяжелые, сползают по склонам мелководья в желоба «Св. Анны» и Воронина. Можно предполагать, что опустившиеся по желобам воды продолжают сползать по материковому склону и дальше — в центральную часть Арктического бассейна. Взаимодействуя на своем пути с атлантическими водами, они несколько нагреваются. Такого же рода сползание с мелководья в желоб охлажденных вод с повышенной соленостью подмечено в море Лаптевых.

Что касается донной воды, заполняющей восточную котловину Арктического бассейна, то ее формирование связано с постепенным перемешиванием во время движения из Гренландского моря к хребту Ломоносова атлантических и глубинных вод. Как уже было показано [1, 3], этот хребет разделяет центральную глубоководную часть Арктического бассейна на две котловины, которые заполнены различными по своим термическим характеристикам донными водами. Так, если средняя температура донной воды в слое 2000 *м* — дно в приатлантической котловине составляет — 0,°78, то в притихоокеанской котловине она равна — 0°,38. Это объясняется тем, что притихоокеанская котловина заполнена более теплой промежуточной водой, поступающей из приатлантической котловины. Проникновению же в восточную часть бассейна более холодных вод с запада препятствует хребет Ломоносова.

Поступила 25/VI 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурханов В. Ф. Новые советские исследования в Арктике. Гос. изд. геогр. лит., М., 1955.

2. Тимофеев В. Т. Динамика водных масс Гренландского моря по наблюдениям на «Нерпе» в 1936 г. Труды Аркт. инст., т. 184, 1944.

3. Тимофеев В. Т. Опыт приближенного определения годового баланса вод Северного Ледовитого океана. Природа, № 8, 1956.
4. Ширшов П. П. Научные результаты дрейфа станции «Северный полюс». Доклад на общем собрании Академии наук СССР 14—17 февраля 1944 г., М.—Л., 1944.
5. Nansen F. Northern waters: Captain Boald Amuandsch's Oceanographie. Obserwations in the Arctic Seas in. 1901. With a Discussion of the Northern Seas, Christiania, 1906.
6. Nansen F. Spitsbergen Waters, Videnskapsselskapets Skrifter. I Mat-nat. kl. № 2, Christiania, 1915.

Ю. А. ГОРБУНОВ

О ВОДООБМЕНЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО И ЧУКОТСКОГО МОРЕЙ ЧЕРЕЗ ПРОЛИВ ЛОНГА

Основная схема постоянных течений в проливе Лонга была выяснена еще в 1929—1935 гг. экспедициями на л/р «Ф. Литке», л/п «Сибиряков», л/п «Челюскин» и л/к «Красин». Наблюдения этих экспедиций показали, что в проливе Лонга Чукотское течение несет холодные воды на юго-восток вдоль Чукотского побережья, теплое Беринговоморское течение в виде Лонговской ветви входит в пролив с востока, как и западное течение у южного берега о. Врангеля, огибающее его с востока. У мыса Блоссом это те-

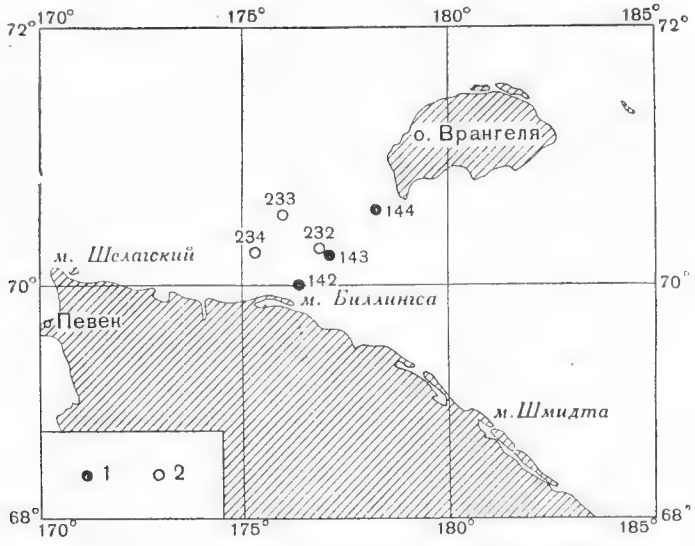

Рис. 1. Схема расположения станций наблюдений над течениями в 1952 и 1953 гг.

1 — суточные станции 1953 г.; *2* — эпизодические станции 1952 г.

чение поворачивает на юг и затем на юго-восток, присоединяясь к Чукотскому холодному течению. Эта схема течений под действием ветра сильно изменяется.

На основании материалов наблюдений последних лет попытаемся осветить, как изменяются скорости Чукотского холодного течения и каков характер водообмена Восточно-Сибирского и Чукотского морей через пролив Лонга при различных направлениях ветра.

20—23 августа 1953 г. экспедицией на г/с «Ломоносов» (начальник Н. П. Шестериков) были выполнены три с у т о ч н ы е станции наблюдений над течениями на разрезе мыс Биллингса — мыс Блоссом (рис. 1). Материалы наблюдений указывают, что на ст. 142 и 144 от поверхности до дна устойчивое течение было направлено из Чукотского моря в Восточно-Сибирское. На ст. 142 средняя скорость течения составляла 22 *см/сек*, а на ст. 144—26 *см/сек*. Среднее направление течения на обеих станциях было одинаковым (283°).

На ст. 143 течение было неустойчивым: одними сериями наблюдений обнаружено течение от поверхности до дна из Чукотского моря в Восточно-Сибирское, другими — из Восточно-Сибирского моря в Чукотское и третьими — различное направление течения в поверхностном и глубинном слоях. На поверхности, как и на горизонте 5 *м*, наблюдалось течение из Чукотского моря в Восточно-Сибирское (344°) со средней скоростью 22 *см/сек*; ниже, до дна, течение было направлено из Восточно-Сибирского моря в Чукотское (88°, средняя скорость 14 *см/сек*). Осреднение результатов наблюдений на ст. 143 по трем группам серий и последующая их геометрическая обработка указала на наличие в слое 0—7 *м* течения из Чукотского моря в Восточно-Сибирское, а в слое от 7 *м* и до дна — из Восточно-Сибирского моря в Чукотское.

25—26 августа 1952 г. в том же районе экспедицией на г/с «Темп» (начальник Н. П. Шестериков) были выполнены три э п и з о д и ч е с к и е станции наблюдений над течениями (рис. 1). На всех станциях от поверхности до дна наблюдалось течение из Чукотского моря в Восточно-Сибирское. Интересно отметить, что ст. 232, выполненная 25 августа 1952 г., расположена в непосредственной близости от суточной станции 143, сделанной 20—23 августа 1953 г. В отличие от ст. 143 на ст. 232 от поверхности до дна наблюдалось устойчивое течение в направлении в среднем 314° со средней скоростью 32 *см/сек*. Это позволяет предположить, что в районе мыса Блоссом 25 августа 1952 г. также существовало устойчивое течение из Чукотского моря в Восточно-Сибирское.

Большинство станций 1952 г. и 1953 г. (рис. 1) расположено в районе обычного развития Чукотского холодного течения.

Таблица 1

Повторяемость ветров на мысе Биллингса
(в процентах)

Направление	Июнь	Июль	Август
1952 г.			
СВ, В, ЮВ и Ю	90	58	68
ЮЗ, З, СЗ и С	10	36	31
Штиль	0	6	1
1953 г.			
СВ, В, ЮВ и Ю	70	67	65
ЮЗ, З, СЗ и С	28	32	32
Штиль	2	1	3

Однако, как уже указывалось, в августе 1952 и 1953 гг. в этом районе вместо юго-восточного течения наблюдалось устойчивое течение в северо-западном направлении. Такое, казалось бы, необычное течение объясняется характером ветрового режима в этот период. Как видно из табл. 1, в июне —

августе 1952 и 1953 гг. в проливе Лонга преобладали ветры восточной и юго-восточной четверти, которые привели к исчезновению Чукотского холодного течения и установлению течения противоположного направления.

Еще более наглядно, зависимость течения в данном районе от ветра видна из анализа дрейфа радиовехи «А» в мае — сентябре 1956 г. (рис. 2). Радио-

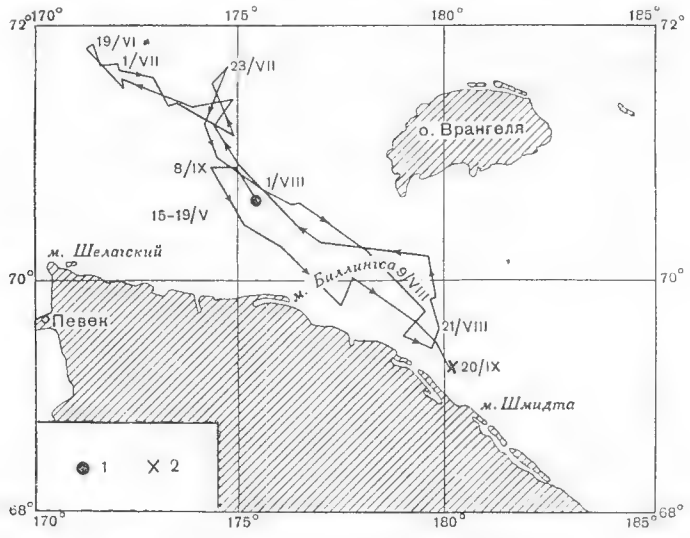

Рис. 2. Дрейф радиовехи «А» в 1956 г.
1 — место установки радиовехи; *2* — место ее гибели.

веха «А» конструкции Ю. К. Алексеева была установлена на льду 15 мая 1956 г. в районе 70°38′ с. ш. и 175°20′ в. д. Определения местоположения радиовехи «А» производились радиопеленгаторными станциями мыс Шмидта и о. Четырехстолбовой. За период дрейфа в восточной части Восточно-Сибирского моря и в проливе Лонга генеральное направление дрейфа радиовехи «А» три раза сменилось с северо-западного на юго-восточное и наоборот. 20 сентября в 25 милях к северо-западу от мыса Шмидта радиовеха «А» по неизвестной причине прекратила подачу радиосигналов. При обработке полученных данных весь период дрейфа радиовехи «А» был разбит на более короткие отрезки, в зависимости от характера дрейфа. Направления и величины фактического и изобарического дрейфа вехи в эти периоды представлены в табл. 2. По данным этой таблицы были рассчитаны направление

Таблица 2

Фактический и расчетный изобарический дрейф радиовехи „А" в 1956 г.

Период	Фактический дрейф		Изобарический дрейф	
	направление	величина *(км)*	направление	величина *(км)*
20/V—19/VI	313°	200	306°	112
19/VI—1/VIII	126	200	95	52
1—9/VIII	126	200	100	67
9—21/VIII	дрейф различного направления	—	292	35
21/VIII—9/IX	307	275	266	70
9—19/IX	117	275	110	31

и скорость поверхностного течения как геометрическая разность между фактическим и изобарическим дрейфом радиовехи «А». Результаты расчета представлены в табл. 3.

Из сопоставления табл. 3 и 4 видна хорошая зависимость скорости и направления поверхностного течения от повторяемости ветра на полярной

Таблица 3

Направление и скорость поверхностного течения

Период	Направление	Скорость *(см/сек)*
20/V—19/VI	322°	3,4
19/VI—1/VIII	136	4,5
1—9/VIII	138	16,7
9—21/VIII	—	—
21/VIII—9/IX	322	13,0
9—19/IX	120	28,3

станции мыс Биллингса. Особенно наглядно эта зависимость видна из рис. 3, где по оси абсцисс отложена повторяемость ветров восточной и юго-восточной четверти на полярной станции мыс Биллингса (П%) по данным табл. 4, а по оси ординат — средняя скорость поверхностного течения в различные периоды дрейфа радиовехи «А». Минус на графике означает течение из Чукотского моря в Восточно-Сибирское, а плюс — из Восточно-Сибирского моря в Чукотское.

Таблица 4

Повторяемость ветров на мысе Биллингса в 1956 г.
(в процентах)

Направление	1—18/VI	19/VI—1/VIII	1—9/VIII	10—21/VIII	22/VIII—8/IX	9—19/IX
СВ, В, ЮВ, Ю и ЮЮЗ	66	41	36	49	78	10
ЮЗ, З, СЗ, С и ССВ	31	51	61	40	14	90
Штиль	3	8	3	11	8	0

На основании изложенных материалов мы попытались вычислить расход воды через пролив Лонга на разрезе мыс Биллингса — мыс Блоссом при ветрах различного направления. При расчете расхода длина разреза принята равной 140 *км*, средняя глубина пролива — 40 *м*, площадь сечения — $56 \cdot 10^5 м^2$. Исходя из материалов наблюдений над течениями на трех суточных станциях 1953 г., площадь сечения пролива, через которую происходил перенос вод из Чукотского моря в Восточно-Сибирское, ориентировочно принята равной $44 \cdot 10^5 м^2$, а площадь сечения пролива, через которую происходил перенос вод из Восточно-Сибирского моря в Чукотское (в районе ст. 143), — равной $12 \cdot 10^5 м^2$. Средние скорости течения были спроектированы на направление 135—315°. При переносе вод из Чукотского моря в Восточно-Сибирское проекция средней скорости течения оказалась

равной 20 *см/сек*, а при переносе их из Восточно-Сибирского в Чукотское в районе ст. 143 — около 10 *см/сек*. Расход воды, поступившей из Чукотского моря в Восточно-Сибирское, составил $8{,}8 \cdot 10^5 м^3/сек$, а вынесенной из Восточно-Сибирского моря в Чукотское — $1{,}2 \cdot 10^5$ $м^3/сек$. В целом по

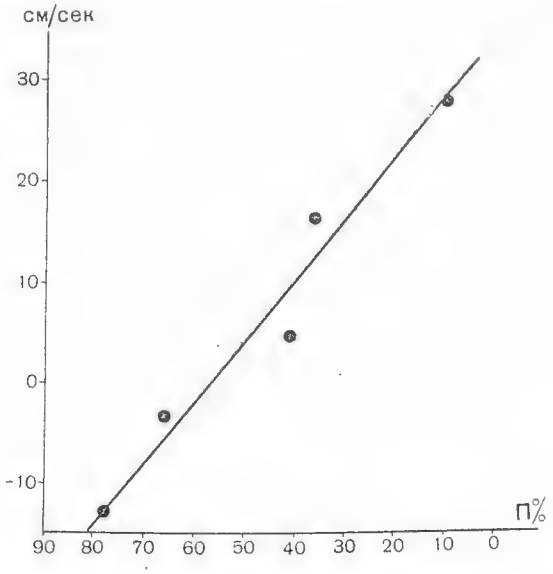

Рис. 3. Зависимость средней скорости поверхностного течения в районе дрейфа радиовехи «А» от повторяемости ветров восточной и юго-восточной четверти на мысе Биллингса.

проливу 20—23 августа 1953 г. преобладал расход воды из Чукотского моря в Восточно-Сибирское ($7{,}6 \cdot 10^5$ $м^3/сек$).

Аналогично был подсчитан расход воды, поступившей через пролив Лонга из Чукотского моря в Восточно-Сибирское 25—26 августа 1952 г. Он составил $25 \cdot 10^5$ $м^3/сек$.

Таблица 5

Средние расходы воды на разрезе мыс Биллингса — мыс Блоссом в 1956 г.

Период	Расход ($м^3/сек$)
20/V—19/VI	$-1{,}9 \cdot 10^5$
19/VI—1/VIII	$+2{,}5 \cdot 10^5$
1—9/VIII	$+9{,}3 \cdot 10^5$
9—21/VIII	—
21/VIII—9/IX	$-7{,}3 \cdot 10^5$
9—19/IX	$+15 \cdot 10^5$

Примечание. Минус означает расход воды из Чукотского моря в Восточно-Сибирское, а плюс—из Восточно-Сибирского моря в Чукотское.

В обоих случаях в проливе Лонга в продолжении длительного времени преобладали ветры восточной и юго-восточной четверти.

Значительно менее достоверны расходы воды, подсчитанные в период дрейфа радиовехи «А». При этом условно допускалось, что течение имеет те же характеристики на глубине, что и на поверхности. Результаты расчета представлены в табл. 5.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что так называемое «постоянное» Чукотское холодное течение в очень сильной степени зависит от ветрового режима. В периоды длительного преобладания ветров восточной и юго-восточной четверти оно исчезает не только на поверхности, но и на глубинах и вместо него устанавливается течение в северо-западном направлении.

В соответствии с преобладающими ветрами изменяется водообмен через пролив Лонга. При длительных ветрах юго-восточной и восточной четверти по всему сечению пролива Лонга в наиболее узкой его части от мыса Биллингса до мыса Блоссом происходит перенос вод из Чукотского моря в Восточно-Сибирское море. При длительных ветрах западной и северо-западной четверти по всему сечению пролива происходит перенос вод из Восточно-Сибирского моря в Чукотское. При неустойчивых ветрах различного направления водообмен должен иметь значительно более сложный характер.

Поступила 30/X 1956 г.

В. С. АНТОНОВ

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ КОЛЕБАНИЙ ОБЩЕЙ ЛЕДОВИТОСТИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Колебания общей ледовитости арктических морей, зависящие от динамического воздействия на пловучий лед, складываются в результате взаимовлияния широкого комплекса факторов, главнейшими из которых являются:

1) материковые воды, служащие начальным импульсом стокового движения поверхностных слоев воды в арктических морях, в особенности в летний период;

2) устойчивость системы постоянных течений Северного Ледовитого океана;

3) общий ветровой режим (система результирующих направлений ветров) над океаном и арктическими морями, определяемый полем давления над водоемами и характером атмосферной циркуляции всего северного полушария.

Краткому разбору действенности этих трех основных факторов, проявляющихся в тесном взаимовлиянии между собой, и посвящена настоящая статья.

Наглядным свидетельством того, что материковый сток, несмотря на его малый объем по сравнению с объемом вод океана, воздействует на распределение льдов в наших арктических морях, служит положение южной кромки дрейфующих льдов в летнее время — в период максимального стока речных вод.

На карте зон активного смешения льдов, в навигационный период (рис. 1) ясно видно, что в тех районах, где концентрируется максимальное поступление в моря речных вод (наиболее ярко это проявляется в морях Карском и Лаптевых, против устьев таких мощных рек, как Обь, Енисей и Лена), южная кромка старых пловучих льдов отступает далеко на север. Наоборот, в тех районах, где материковый сток мал (например, в западной части моря Лаптевых и в восточной части Восточно-Сибирского моря), кромка старых пловучих льдов смещается к югу почти до самого побережья.

Речные воды, вливаясь в арктические моря, создают в них стоковое течение, направленное в основном к северу, и тем самым служат начальным импульсом стокового движения поверхностных вод в самом океане. Вполне естественно предположить, что междугодовые колебания в объеме стока речных вод должны в какой-то мере сказываться и на изменении ледовитости арктических морей. Однако колебания материкового стока оказались от года к году настолько незначительны, что ими нельзя объяснить весьма резкие изменения общей ледовитости арктических морей, отмеченные в многолетних наблюдениях.

Все попытки дать количественную оценку связи колебаний объема материкового стока с изменениями ледовитости арктических морей до сих пор не дали положительных результатов. К тому же общая изменчивость суммарного стока во все моря составляет за многолетний период всего 18% от среднего объема стока (при коэффициенте вариации $C_v = 0{,}05$), что не выходит за пределы точности самих определений и расчетов величины стока.

Таким образом, общий суммарный сток материковых вод в советские арктические моря можно считать практически постоянной величиной, хотя по отдельным морям и тем более по отдельным рекам сток колеблется в довольно широких пределах.

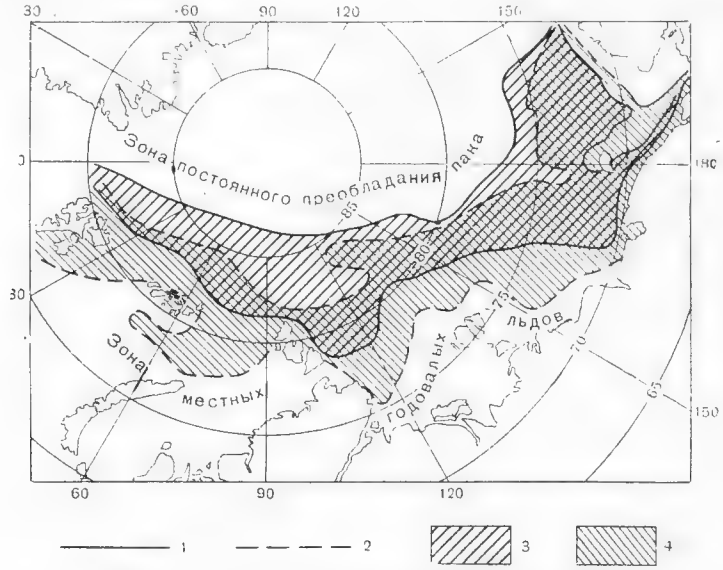

Рис. 1. Зоны активного смешивания льдов.

1 — северная и южная границы перемещения пака; *2* — граница перемещения старых льдов; 3 — зона смешивания пака с другими льдами; *4* — зона активного смешивания старых льдов с другими льдами.

Влияние материкового стока в ледовом режиме арктических морей в основном сказывается на распределении пловучих льдов. Являясь до известной степени автономным, не зависящим от общего состояния океана, речной сток вносит в режим арктических морей элемент вынужденного стокового движения поверхностных слоев воды. В силу этого распределение пловучих льдов в отдельных морях под воздействием речного стока подчиняется определенным закономерностям. Те районы, где сосредоточивается основная масса речного стока, отличаются малой ледовитостью, и, наоборот, в тех районах, где речной сток практически отсутствует, создается как бы уровенная впадина, куда затекают воды из других районов, в результате чего здесь образуются скопления льдов.

Все так называемые «ледяные массивы», являющиеся основным препятствием для судоходства по Северному морскому пути, обычно располагаются в определенных районах. Причина этого заключается в сосредоточении в определенных местах побережья притока речных вод, который при современном положении островов и конфигурации береговой черты представляет собой постоянно действующий фактор.

Отсюда следует, что материковый сток огромных сибирских рек, обусловливая распределение пловучих льдов, в то же время мало влияет на колебания общей ледовитости арктических морей. Это вполне естественно, так как колебания ледовитости от года к году складываются, как уже ука-

зывалось, под влиянием не только речных вод, но и многих других причин. Среди последних одной из главных является сложившаяся весьма консервативная система постоянных течений Северного Ледовитого океана, даже на незначительные изменения которой весьма чутко реагируют арктические моря, по сути дела представляющие собой заливы океана с широким выходом к северу.

Главной особенностью гидрологического режима Северного Ледовитого океана, как известно, является наличие на большей части его поверхности (до 95%) в течение всего года огромных масс льда. Так как за короткий летний период он не успевает растаять, значительная его часть выносится в Северную Атлантику. Одним из факторов такого выноса льдов является превышение количества поступающих в Северный Ледовитый океан материковых вод по сравнению с количеством этих вод, выносимых в мировой океан. Слой годового притока речных вод в Северный Ледовитый океан составляет в среднем 34 *см*, т. е. почти в 3,5 раза превосходит толщину слоя пресных вод, приходящегося на сток речных вод в мировой океан.

Из вычислений солевого баланса вод Северного Ледовитого океана установлено, что средняя скорость постоянного выносного течения, обусловленная притоком вод в районе между Гренландией и Шпицбергеном, оказалась равной 2 *см/сек*, т. е. составила около 40% от общей средней скорости поверхностных выносных течений. Таким образом, речной сток играет заметную роль в создании постоянных течений.

В Северном Ледовитом океане сток материковых вод в основном сосредоточивается у азиатских берегов. Слой речного стока, отнесенный к площади советских арктических морей, в среднем составляет около 100 *см*, т. е. в 10 раз больше, чем в мировой океан; максимальное значение приходится на Карское море (167 *см*) и море Лаптевых (158 *см*).

Приток дополнительных вод суши к азиатскому побережью создает в морях стоковое движение поверхностных вод в направлении через приполюсный район к восточным берегам Гренландии. Существование этого генерального стокового движения в Северном Ледовитом океане подтверждается схемами выноса буев, дрейфом кораблей, направлением движения всех дрейфовавших и дрейфующих станций и расчетной схемой движения поверхностных слоев воды, построенной в соответствии со средним полем давления (рис. 2).

Справа от этого генерального стокового движения вод, в восточной части океана, поверхностные слои воды и льды в определенные периоды (преимущественно летом) совершают вращательное движение по часовой стрелке (антициклоническое движение). Это подтверждается некоторыми материалами высокоширотных исследований последних лет [1, 3] и наряду с динамическими причинами (инерция вращения Земли) обусловливается также антициклоническим состоянием атмосферы этой области северного полушария. В сфере действия указанного круговорота обнаружены наиболее мощные паковые льды.

Слева от общего генерального стокового движения, на значительной части западной половины океана, отмечается несколько круговоротов воды с направлением движения против часовой стрелки (циклоническое движение). Такое движение поверхностных вод в значительной степени обусловлено циклоническим состоянием атмосферы в этой области северного полушария преимущественно в зимний период. Огромное влияние оказывают здесь теплые атлантические воды, находящиеся в значительной части этого района непосредственно на поверхности океана (район Гренландского, Норвежского и Баренцова морей).

Максимальное обострение температурных градиентов между первым (восточным) районом и окружающими областями будет происходить летом,

причем низкие температуры наблюдаются в центральных частях системы движения вод (паковые, сплоченные льды). Несмотря на большой приход солнечной радиации в летний период, бо́льшая часть тепла расходуется здесь на таяние снега и льда, вследствие чего температура воздуха повышается очень незначительно.

Максимальное обострение температурных градиентов между вторым (западным) районом океана и окружающими областями будет происходить, наоборот, зимой; при этом высокие температуры отмечаются в тех частях

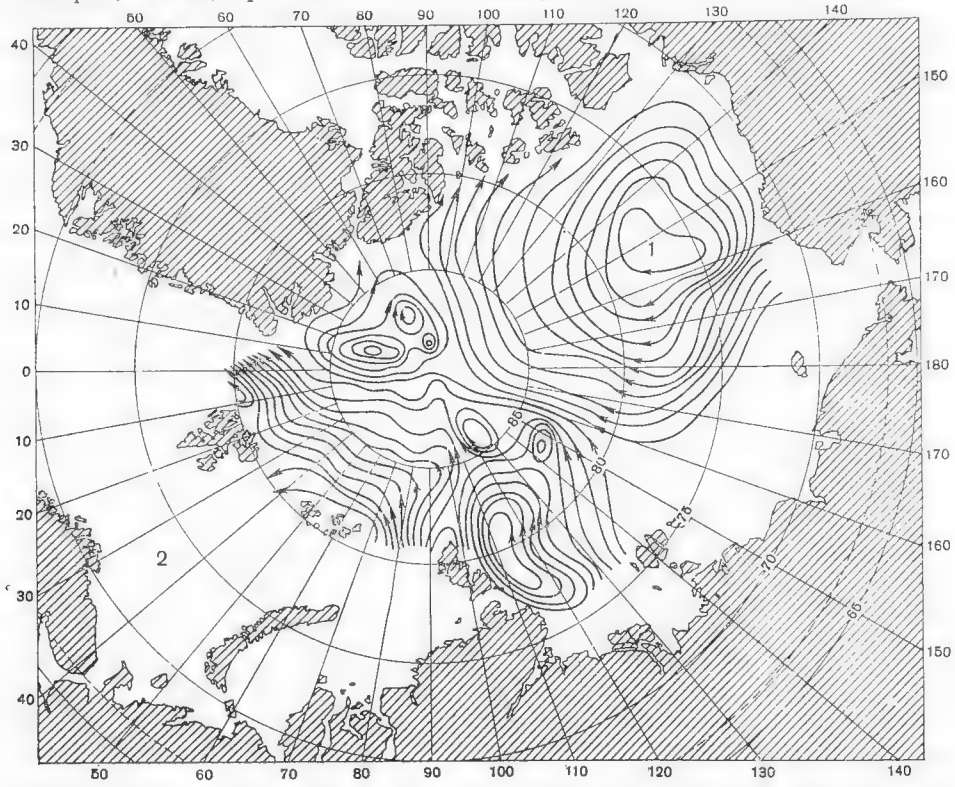

Рис. 2. Примерная схема движения поверхностных вод Северного Ледовитого океана (по Гудковичу).

1 — антициклоническая зона; *2* — циклоническая зона.

водного бассейна, где на поверхности океана располагаются воды атлантического происхождения со значительным содержанием аккумулированного в южных широтах тепла. Отдавая это тепло, атлантические воды повышают температуру нижних слоев воздуха, порождая циклонический характер циркуляции атмосферы.

Таким образом, максимальная активность этих двух противоположных по характеру режима областей океана в сезонном разрезе асинхронна.

«Диаметры» вращательных движений поверхностных слоев воды как от года к году, так и в течение одного и того же года не остаются постоянными, следовательно, претерпевает изменение и траектория генерального стокового течения, ширина захватываемой им полосы и скорости его движения. Кроме того, следует учесть, что вращательные движения поверхностных течений представляют собой только результирующее выражение их, наиболее ярко проявляющееся в периоды максимальной сезонной активности циклонической или антициклонической системы. Поэтому любая схема поверхностных течений океана не способна отразить всего многооб-

разия динамики движения вод, ибо такой схемой нельзя представить ни сезонных, ни годовых колебаний, имеющих весьма большие амплитуды. Подобная схема может дать лишь весьма общую характеристику о результирующих движениях поверхностных вод и льдов в океане.

В то же время, схема движения поверхностных вод океана, несмотря на резкие сезонные и годовые колебания, в основных чертах является консервативной, устойчиво сохраняя общий фон в течение года.

Из представленной схемы следует, что стоковое генеральное течение Северного Ледовитого океана, направленное от канадских и азиатских берегов к Гренландии, по существу служит границей между двумя противоположными атмосферными барическими системами: антициклонической — восточной и циклонической — западной. Наибольшая активность первой из них проявляется летом, вызывая усиленный подток в океан тихоокеанских вод, а второй — зимой, усиливая интенсивный подток атлантических вод.

Сезонные колебания притока атлантических вод для зимы и лета в среднем могут быть выражены соотношением 2 : 1. Однако для системы постоянных течений в Северном Ледовитом океане более важны не сезонные, а междугодовые колебания количества поступающих атлантических вод. По имеющимся данным установлено, что в отдельные годы соотношение междугодовых колебаний может достигать 1 : 5 при среднемноголетнем абсолютном объеме поступающих в Северный Ледовитый океан атлантических вод, равном 213 000 $км^3$.

Конечно, такие изменения в притоке атлантических вод в период максимального их поступления (зимой) накладывают свой отпечаток на схему постоянных течений в океане и на режим атмосферной циркуляции. Эти особенности каждого конкретного года определяют общий фон гидрометеорологического режима океана на весь последующий годовой цикл, в том числе и на схему постоянных течений океана. Тем не менее в основных чертах эта схема вне зависимости от объема поступающих атлантических вод сохраняется. Весьма заметно изменяются лишь скорости движения водных масс, смещаются центры круговых вращательных движений вод и отклоняется ось генерального выносного течения.

Однако такие изменения общей схемы движения вод центральной части бассейна Северного Ледовитого океана весьма резко сказываются на характере распределения льдов в окраинных арктических морях. Отклонения траектории генерального выносного течения в сторону азиатского материка наверняка резко увеличат ледовитость арктических морей, и, в первую очередь, это скажется на ледовых скоплениях (массивах) у Таймырского полуострова, в районе о. Айон и к востоку от Врангеля. Такое положение, например, имело место в навигацию 1956 г., когда ледовая обстановка на подходах к проливам Вилькицкого и Лонга оказалась весьма сложной. В то же время авиаразведка льдов центральных районов Северного Ледовитого океана показала, что на полосе ветрораздела, по линии генерального выносного движения, в направлении от морей Бофорта и Чукотского к берегам Гренландии, широкой полосой протягивалась зона весьма разреженных льдов, в некоторых местах в приполюсных районах сплоченность льда составляла всего 4—5 баллов.

Если рассматривать генеральное движение вод и льдов из Северного Ледовитого океана от азиатских берегов к восточным берегам Гренландии как стоковое, зависящее только от относительного преобладания притока материковых вод, то оказывается, что эта причина не сможет объяснить наблюдающиеся скорости океанических течений, в особенности весьма значительные колебания скорости, не идущие ни в какое сравнение с колебаниями объема материковых вод. Следовательно, к стоковому движению

здесь примешивается несравненно более существенная причина, во много раз усиливающая скорости этого движения вод и определяющая ее резкие междугодовые колебания или односторонние многолетние изменения.

Исследование материалов дрейфа судов «Фрам» и «Г. Седов» показало, что с конца прошлого и до сороковых годов настоящего столетия скорости генерального движения льдов из океана в Атлантику увеличились почти в два раза. Дрейф «Фрама» в 1893—1896 гг. проходил в 1,8 раза медленнее, чем дрейф л/п «Г. Седов» в 1938—1940 гг. За этот же период средняя повторяемость восточного — выносного для океана — типа атмосферной циркуляции (в интерпретации Г. Я. Вангенгейма) также увеличилась примерно в два раза. Отсюда следует, что колебания скорости выноса вод и льдов из Северного Ледовитого океана в основном зависят от результирующих атмосферных изменений. Последние вызывают активизацию водообмена Северного Ледовитого океана с соседними океанами, что, в свою очередь, находит отражение и в самих атмосферных преобразованиях, так как роль подстилающей поверхности заключается не только в ослаблении или обострении атмосферных процессов, но и в их порождении.

Таким образом, сопоставляя эти два явления — циркуляцию воздушных и водных масс в их взаимовлиянии — весьма трудно, а подчас и невозможно, отделить следствие от причины.

Однако в силу резкого отличия физических свойств воздушной и водной среды скорость ответной реакции в процессе взаимодействия атмосферы и водных масс далеко неодинакова. Вследствие большой теплоемкости водные массы обладают и большей температурной устойчивостью по сравнению с воздушными массами. Кроме того, из-за большей плотности водные массы имеют также и значительную механическую инерцию, далеко превосходящую инерцию воздушных масс.

Морская вода соленостью в $35^0/_{00}$ при температуре в $0°$ и плотности 1,02813 обладает теплоемкостью 0,932 *кал*, в то время как воздух, плотность которого при той же температуре равна всего лишь 0,00129, имеет теплоемкость примерно 0,237 *кал*. Следовательно, чтобы нагреть единицу объема воды, необходимо затратить количество тепла, достаточное для нагревания

$$\frac{1{,}02813 \cdot 0{,}932}{0{,}00129 \cdot 0{,}237} = 3134 \text{ объемов воздуха} \qquad [4].$$

Под влиянием инерции водные массы не сразу поддаются анемобарическому воздействию; должно пройти некоторое время, пока водные массы придут в соответствие с действием атмосферных сил.

В. Б. Штокман при изучении морских течений, возбуждаемых ветром, установил, что в верхних слоях моря под воздействием ветра могут происходить изменения движения воды в течение нескольких часов. В то же время во всей толще вод океана изменения режима течений под влиянием ветра начинают быть заметными лишь после значительных интервалов времени порядка месяца или даже целого сезона [5]. Учитывая размеры Северного Ледовитого океана, к тому же в значительной мере покрытого пловучими льдами, следует ожидать, что инерция водных масс этого водоема весьма велика и система движения их в основных чертах устойчива. Кратковременные изменения атмосферных процессов и тем более ветры, имеющие региональное значение, не в состоянии сколько-нибудь существенно нарушить сложившиеся черты общей системы движения водных масс такого водоема как Северный Ледовитый океан. Следует учесть также, что он не является вполне замкнутым водоемом, а представляет собой важное звено в общей системе постоянных течений всего мирового океана. Следовательно, течения Северного Ледовитого океана связаны с такими мощными циркуляционными океаническими системами, как экваториальные

течения, Гольфстрим, Куро-Сио и др. Для нарушения всей этой огромной системы постоянных течений мирового океана, даже при коренном изменении атмосферного влияния, потребовались бы, по-видимому, многие и многие годы.

В силу такой устойчивости водных масс (по сравнению с воздушными массами) весьма часто в отдельных районах океана можно наблюдать парадоксальную, на первый взгляд, картину, когда движение водных масс происходит в направлениях, противоположных тем, какие должны были бы соответствовать существующим направлениям ветра и полю атмосферного давления.

Таким образом, установлено, что общее движение выносного дрейфа льдов из океана направлено в сторону Атлантики. При этом в арктических морях, примыкающих главным образом к азиатскому побережью, вследствие притока туда в летнее время значительных количеств материковой воды возникают как бы начальные импульсы этого выносного движения.

В то же время арктические моря являются периферийными участками общей генеральной схемы движения водных масс океана, слагающейся в результате взаимодействия последних с атмосферной циркуляцией. Поэтому любые, даже незначительные изменения общей системы постоянных океанических течений будут резко сказываться именно в прибрежных, периферийных районах, т. е. в арктических морях.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что отмеченная выше инерция водных масс океана будет также весьма ярко проявляться и в гидрологическом режиме арктических морей. Иначе говоря, в этих водоемах под влиянием создавшейся океанической системы постоянных течений будет складываться тот или иной фон гидрологического режима, на котором в большей или меньшей степени будут отражаться региональные воздействия атмосферы и других факторов, составляющих особенности каждого конкретного района. Особенно резко инерция водных масс сказывается на степени общей ледовитости арктических морей.

В. Ю. Визе уделял особое внимание ледовой инерции, или устойчивости «аномалий» в гидрологическом режиме арктических морей, и, в частности, их ледовитости. На основании анализа коэффициентов корреляции между полумесячными площадями льда, вычисленных им для арктических морей, В. Ю. Визе сделал вывод, что устойчивость ледовых аномалий в течение навигационного сезона в окраинных морях Советской Арктики велика. При этом он подчеркивал, что изменения, претерпеваемые ледяным покровом в течение собственно навигационного периода под влиянием ветра и таяния льда, а также других местных факторов, значительно слабее общего фона ледовитости, создаваемого инерцией водных масс. Общий же фон ледовитости формируется под влиянием гидрометеорологических условий, предшествовавших навигационному периоду, главным образом зимних. В. Ю. Визе считал, что инерция водных масс является главной особенностью гидрометеорологического режима арктических морей.

В результате отмеченной инерции водных масс общий фон ледовитости арктических морей, типичные черты которого складываются в зимний период, т. е. в момент максимального притока в океан атлантических вод, сохраняется в основном в течение всего годового цикла.

Сохранение общего фона гидрометеорологического режима в течение долгого срока в арктических морях отмечается также и многими другими исследователями. Так, В. Н. Степанов установил, что общий фон устойчивости гидрологического режима Чукотского моря создается именно в зимнее время, причем основные черты типичного режима сохраняются в течение всего года. Такое же заключение автор делает и для других аркти-

ческих морей. Нами было установлено, что фон общей ледовитости арктических морей закладывается еще осенью.

Из сопоставлений колебаний ледовитости арктических морей с атмосферными процессами выясняется, что наиболее существенное воздействие оказывает изменчивость повторяемости западной циркуляции, выражающей в основном мощное влияние Атлантики. Осенний период характеризует смену годовых циклов, когда закладывается основная тенденция к формированию последующего характера атмосферной циркуляции и связанного с ним устойчивого состояния схемы циркуляции водных масс Северного Ледовитого океана.

Как показал Г. Я. Вангенгейм [2], западная циркуляция (W) зимних месяцев устойчиво сохраняется на протяжении весьма долгого срока (сезон и более). При этом автор подчеркивает, что основной причиной такой устойчивости являются факторы динамического порядка, т. е. инерция в движении воздушных масс. Учитывая такую инерционность в схеме циркуляционных систем движения воздушных масс, обусловленную соответствующим состоянием подстилающей поверхности (в районах Северной Атлантики), Г. Я. Вангенгейм делает вывод, что уже сама по себе такая устойчивость может служить исходным моментом при составлении долгосрочного прогноза погоды.

Это заключение Г. Я. Вангенгейма согласуется и с нашими представлениями о том, что общий фон ледовитости арктических морей, являющийся результатом взаимодействия атмосферы и водных масс океана, закладывается в зимнее время, в момент максимального поступления атлантических вод, и в основных чертах сохраняется в течение всего годового цикла.

Вычисленные В. Ю. Визе коэффициенты корреляции устойчивости ледовых аномалий были нами вновь рассчитаны на более обширных материалах и за более длительный ряд наблюдений. Сводные данные этих вычислений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Устойчивость ледовых аномалий в навигационный период
(по значениям коэффициентов корреляции за 1936—1954 гг.)

Море	VII_1 и VII_2	VII_2 и $VIII_1$	$VIII_1$ и $VIII_2$	$VIII_2$ и IX_1	IX_1 и IX_2
Карское	0,88	0,92	0,73	0,74	–
Лаптевых	0,42	0,91	0,89	0,88	0,87
Восточно-Сибирское	0,51	0,62	0,93	0,97	0,91
Чукотское	0,70	0,67	0,84	0,71	0,92

Примечание. Показатели у римских цифр обозначают первую и вторую половину месяца.

Выражение инерции водных масс коэффициентом корреляции ледовитости арктических морей даже в условных [1] календарных сроках по полумесяцам дает объективную оценку устойчивости ледовых аномалий.

Из данных приведенной таблицы выявляется, что устойчивость ледовых аномалий в арктических морях весьма высока и это явление может быть с большим успехом использовано для прогностических разработок по предвидению ледовитости в навигационный период на том или ином участке Северного морского пути.

[1] Условных потому, что они, конечно, не отражают естественные периоды, которые могут от года к году значительно меняться.

Однако такое предвидение будет иметь относительно небольшую заблаговременность, порядка полумесяца или месяца. В то же время естественное стремление прогнозистов и требования оперативных работников заставляют изыскивать такие методы прогнозов, которые дали бы возможность значительно удлинить их заблаговременность.

Из изложенного следует, что установить истинные причины колебаний в общей генеральной схеме постоянных течений, не нарушающих ее в основных чертах, но резко отражающихся на фоне ледовитости арктических морей, можно не столько по местным факторам, сколько по более крупным атмосферным процессам, охватывающим все северное полушарие. Конечно, в каждом море имеются свои специфические особенности, которые налагают отпечаток на общий фон гидрологического и ледового режима водоема. Однако эти местные особенности, по сути дела, только модифицируют атмосферное и океаническое влияние, внося некоторое своеобразие в распределение льдов, но не нарушают общей схемы гидрологического режима арктических морей (в том числе их общей ледовитости). Эта схема для каждого моря является результатом воздействия сложившейся системы постоянных океанических течений и постоянно действующего фактора, т. е. поступления речных вод, создающих стоковое движение поверхностных слоев и льдов из отдельных районов арктических морей.

Поскольку же система постоянных океанических течений есть результат взаимодействия водных масс мирового океана и атмосферы, то по макропреобразованиям циркуляции последней в северном полушарии можно, по-видимому, определить и фон ледовитости арктических морей. Такое определение возможно еще и потому, что крупные изменения атмосферной циркуляции всего северного полушария, обусловливая и в то же время отражая в себе состояние системы постоянных течений океана, наряду с этим определяют колебания объема стока материковых вод и изменения ветрового режима как над всем океаном, так и над его отдельными районами.

Таким образом, атмосферная циркуляция, являясь общим фактором, может до какой-то степени служить выразителем всего весьма сложного и широкого комплекса динамических причин, определяющих ледовитость арктических морей.

При сопоставлении общей ледовитости арктических морей с изменениями атмосферной циркуляции [1] следует учитывать специфические черты того или иного исследуемого водоема (характер и объем приточности материковых вод; конфигурацию береговой черты и островов; наличие обширных мелководных районов; местные орографические условия побережья и островов, искажающих ветровой режим и т. д.). Поэтому в каждом отдельном случае к сопоставлениям нужно подходить не механически, а применять различные их варианты.

В результате анализа были определены весьма тесные связи колебаний общей ледовитости арктических морей с атмосферным воздействием, выразившиеся количественно весьма высокими значениями коэффициентов корреляции (сопоставления проведены по сглаженным значениям):

Карское море, $r = 0{,}88$ — для определения ледовитости на вторую половину июля и первую половину августа принималась повторяемость дней с западным типом атмосферной циркуляции за октябрь предыдущего года.

Море Лаптевых, $r = 0{,}88$ — для определения ледовитости на август принималась повторяемость дней с западным типом атмосферной циркуля-

[1] Во всех сопоставлениях мы придерживались классификации атмосферных процессов (по повторяемости дней с тем или иным типом атмосферной циркуляции) в интерпретации Г. Я. Вангенгейма.

ции за октябрь предшествовавшего года и с восточным типом за май текущего года.

Восточно-Сибирское море, $r = 0{,}88$ — для определения общей ледовитости на вторую половину августа принималась повторяемость дней с западным типом атмосферной циркуляции за октябрь и ноябрь предшествовавшего года и дней с западным типом в сочетании с меридиональным за май и июнь текущего года.

Чукотское море, $r = 0{,}74$ — для определения общей ледовитости на август принималась повторяемость дней с западным типом атмосферной циркуляции за октябрь и с меридиональным типом за сентябрь и октябрь предшествовавшего года.

В большинстве случаев эти связи имеют прогностический характер, так как заблаговременность их довольно велика — от 2 до 10 месяцев.

Поступила 25/X 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурханов В. Ф. Происхождение ледяных островов в Арктике. Вопросы географии, сборн. 36, М., 1954.
2. Вангенгейм Г. Я. Долгосрочный прогноз температур воздуха и вскрытие рек. Труды Гос. гидрол. инст., вып. 10, 1940.
3. Зубов Н. Н. Арктические ледяные острова и характер их дрейфа. Природа, № 2, 1955.
4. Зубов Н. Н. Морские воды и льды. Гидрометеоиздат, М., 1938.
5. Штокман В. Б. и Цикунов В. А. развитие полных потоков в море под действием ветра. Труды Инст. океанол. Акад. наук СССР, т. IX, 1954.

Н. А. БЕЛОВ

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ МЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Методике механического анализа донных отложений посвящены работы М. В. Кленовой [2, 3, 4] и В. П. Зенковича [1]. Этими работами разрешен ряд важных методических вопросов. Прежде всего установлено, что для картирования грунтов наиболее удобен метод анализа по Осборну, усовершенствованный М. В. Кленовой и получивший название стандартного метода. В процессе методических работ было выяснено также, что метод Робинзона дает завышенный выход фракции меньше 0,01 *мм*, а поэтому для картирования грунтов не годится. Однако этот метод дает представление о соотношении коллоидных фракций в осадках (чего метод Осборна не дает); поэтому его стали применять лишь для исследований коллоидной фракции.

Выяснен и другой важный вопрос — о способах подготовки материала для анализа. Было установлено, что для механического анализа стандартным методом навеску грунта перед анализом достаточно продержать в дистиллированной воде одни сутки. Экспериментальные работы показали, что кипячение навески в течение часа, как это делается при анализе по методу пипетки, а также обработка грунта перед анализом различными реактивами (перекись водорода, кислоты) разрушают природные агрегаты и искажают природный состав осадков.

Кроме того, установлено влияние влажности грунта на результаты анализа. В ранних исследованиях М. К. Кленовой указывалось, что расхождения в результатах анализа между воздушно-сухими и влажными пробами невелики, поэтому материал для анализа без больших погрешностей может анализироваться как в воздушно-сухом, так и во влажном состоянии. В 1949 г. В. П. Зенкович пришел к другому выводу: он считал, что пробы грунта в воздушно-сухом состоянии дают значительную погрешность по сравнению с пробами во влажном состоянии. По его мнению, эта погрешность тем значительнее, чем больше в осадках органического вещества.

У всех проведенных ранее методических работ имеется один существенный недостаток, который состоит в том, что исследованию подвергался материал, полученный лишь из области материковой отмели. Глубоководные пробы донных отложений, как правило, не исследовались. Однако известно, что донные отложения материковой отмели и глубоководные отложения не одно и то же. Не говоря уже о том, что глубоководные отложения значительно отличаются от мелководных по химическому и минераль-

ному составу, отложения глубоководных впадин прежде всего высокодисперсны. Поэтому нам казалось, что любой метод механического анализа с контролем микроскопа для глубоководных отложений должен дать близкие между собой результаты.

Для того чтобы окончательно установить влияние различных методов механического анализа на результаты исследования, изучению подвергались пробы донных отложений Арктического бассейна, полученные с глубин от 2 до 4 *тыс. м*. Для сравнения было сделано 68 параллельных анализов стандартным методом и по методу Робинзона. Механический анализ по методу пипетки проводился обычным способом, т. е. перед анализом навеска кипятилась в течение часа. Анализ стандартным методом выполнялся с предварительным намачиванием пробы в дистиллированной воде в течение суток и в течение всего анализа осуществлялся контроль микроскопом, подвергался анализу не только поверхностный слой, но вся колонка грунта. Результаты части анализов приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, данные двух методов в части, касающейся соотношения количества фракции меньше 0,01 *мм*, дали весьма интересные результаты. Оказалось, что в поверхностных пробах соотношение во фракции меньше 0,01 *мм* колеблется в пределах от 0,8 до 1,0, т. е. в среднем равно 0,9, тогда как для грунтов материковой отмели это соотношение в среднем по данным М. В. Кленовой составляет 0,42. Между тем отношения в той же фракции по глубине колонок грунта колеблются в больших пределах и чем глубины залегания пробы по колонке ниже, тем больше расхождения, причем выход фракции меньше 0,01 *мм* значительнее по методу пипетки. По-видимому, это связано с тем, что на глубине колонок вследствие процесса диагенеза образуется больше стойких агрегатов, которые при анализе по методу пипетки нацело разрушаются во время кипячения пробы.

Поскольку в поверхностных пробах оба метода дают очень близкие результаты, можно сделать заключение, что для картирования грунтов глубоководных отложений метод механического анализа с контролем микроскопа по существу не играет большой роли.

Большой интерес также представляет выяснение влияния влажности грунта глубоководных отложений на результаты анализа. Для разрешения этого вопроса было сделано 50 параллельных анализов проб во влажном и воздушно-сухом состоянии. Анализ проводился стандартным методом, т. е. предварительная подготовка состояла только в намачивании навески грунта в дистиллированной воде в течение одних суток, а в процессе анализа осуществлялся контроль выделяемых фракций микроскопом.

Результаты части анализов приведены в табл. 2. Как видно из таблицы, расхождение в количестве фракции меньше 0,01 *мм* влажных проб и проб в воздушно-сухом состоянии невелико и колеблется в пределах от 1,0 до 1,32, составляя в среднем 1,12, т. е. близко к единице.

Для донных отложений материковой отмели, по указанию В. П. Зенковича [1], соотношение фракций меньше 0,01 *мм* колеблется от 1,44, до 1,74, причем значительные расхождения зависят от содержания в донных отложениях органического вещества. Например, для зеленовато-серых осадков с большим количеством органического вещества среднее соотношение по семи станциям равно 1,74; для желтовато-серых осадков с малым количеством органического вещества это соотношение уменьшается до 1,44.

Большие расхождения в соотношении фракции меньше 0,01 *мм* влажного и воздушно-сухого грунта, в котором много органического вещества, В. П. Зенкович объясняет следующим образом. При механическом анализе сухого материала органическое вещество способствует образованию комочков грунта агрегатов, входящих в состав крупных фракций, вследствие чего выход фракции меньше 0,01 *мм* снижается.

Таблица 1

Сравнительные данные гранулометрического анализа

Размер фракций (*мм*)		Станция № 2 (глубина 3540 *м*)		Станция № 7 (глубина 2649 *м*)			Ст. № 9 (глубина 3830 *м*)	Станция № 17 (глубина 2789 *м*)			Ст. № 11 глубина (3733 *м*)
		глубина взятия образца от верха колонки (*см*)									
		1,0—2,0	19,2—20,5	8,5—10,0	15,0—16,5	27,4—29,0	0,0—2,0	0,0—2,0	11,0—12,5	20,5—22,0	0,0—2,0
		1 9 4 8 г.									
1,0—0,1	стандартный метод	6,5	0,1	4,3	12,2	2,7	0,7	6,2	0,6	4,8	2,1
	метод пипетки	9,0	3,4	4,3	4,6	4,5	1,0	14,9	6,5	9,0	3,1
0,1—0,05	стандартный метод	8, 5	4,7	18,1	13,5	37,3	0,3	9,7	2,6	8,7	10,3
	метод пипетки	1,0	2,9	20,6	20,6	31,4	0,1	8,8	10,2	8,1	6,1
0,05—0,01	стандартный метод	10,9	27,7	19,2	20,1	18,3	10,9	22,6	19,1	20,0	19,0
	метод пипетки	7,7	11,5	16,7	19,2	14,5	1,0	16,0	7,3	10,3	9,2
<0,01	стандартный метод	74,1	67,5	58,4	65,2	41,7	88,1	61,5	77,7	66,5	68,6
	метод пипетки	82,3	82,2	58,4	55,6	49,6	97,2	60,3	76,0	72,6	80,6
Отношение количества фракции <0,01 *мм* по стандартному методу к той же фракции по методу пипетки		0,9	0,8	1,0	1,1	0,8	0,9	1, 0	1,0	0,9	0,8

Продолжение табл. 1

Размер фракций (*мм*)		Станция № 3 (глубина 2240 *м*)			Станция № 10 (глубина 2794 *м*)			Станция № 16 (глубина 3478 *м*)				Станция № 22 (глубина 3693 *м*)	
		глубина взятия образца от верха колонки (*см*)											
		0,0—0,6	6,0—14,0	37,0—39,0	4,0—9,5	29,5—34,0	39,0—41,0	2,0—7,0	7,0—9,5	9,5—17,5	28,0—32,0	0,0—4,0	29,0—32,0
						1 9 5 1 г.							
1,0—0,1	стандартный метод . .	3,1	1,5	0,7	2,2	4,8	1,3	0,3	3,7	5,4	2,3	6,9	2,3
	метод пипетки	3,7	следы	—	0,9	2,8	2,0	0,1	3,4	5,4	0,9	2,1	1,8
0,1—0,05	стандартный метод . .	6,6	4,7	1,5	3,9	12,8	6,6	4,4	17,9	15,3	7,1	18,8	11,1
	метод пипетки	4,0	0,1	0,1	2,0	2,2	3,3	2,2	13,3	6,0	4,3	3,8	2,9
0,05—0,01	стандартный метод . .	18,6	19,8	16,0	21,7	18,8	13,5	18,4	24,0	22,6	19,9	18,5	14,5
	метод пипетки	7,6	1,9	2,2	6,1	9,5	6,5	6,7	13,2	12,5	6,0	14,8	12,5
0,01	стандартный метод . .	71,7	74,0	81,8	72,2	63,6	78,6	76,9	54,4	56,7	70,7	55,8	72,1
	метод пипетки	83,1	98,0	97,7	91,0	84,9	88,2	91,0	70,1	76,1	88,8	75,6	82,0
Отношение количества фракции <0,01 *мм* по стандартному методу к той же фракции по методу пипетки		0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9

Продолжение табл. 1

Размер фракций (*мм*)		Станция № 30 (глубина 3822 *м*)		Станция № 33 (глубина 1689 *м*)				Станция № 45 (глубина 2677 *м*)	
		глубина взятия образца от верха колонки (*см*)							
		4,0—5,0	40,5—42,5	0,0—2,0	7,0—10,0	25,0—28,0	36,0—39,0	21,5—24,5	27,5—31,0
1,0—0,1	стандартный метод . .	—	—	0,4	0,5	2,0	1,8	0,3	—
	метод пипетки	следы	следы	4,0	0,8	3,1	1,5	0,2	—
0,1—0,05	стандартный метод . .	0,3	7,6	6,0	6,1	5,0	4,0	2,0	0,4
	метод пипетки	следы	следы	5,7	1,5	2,9	1,9	0,2	—
0,05—0,01	стандартный метод . .	2,1	11,7	26,0	19,6	15,0	19,9	2,1	21,7
	метод пипетки	0,1	0,1	6,2	5,9	7,6	5,8	1,9	0,9
<0,01	стандартный метод . .	97,6	80,7	67,6	73,8	78,0	74,3	95,5	77,9
	метод пипетки	99,9	99,9	84,1	91,8	85,8	90,8	97,7	99,1
Отношение количества фракции <0,01 *мм* по стандартному методу к той же фракции по методу пипетки		0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8

В части анализированных нами проб глубоководных отложений было мало органического вещества; расхождения в результатах анализа, относящихся к фракции меньше 0,01 *мм*, оказались небольшими и близкими к еди-

Таблица 2

Сравнительные данные гранулометрического анализа влажных и высушенных проб грунта

№ п/п	Диаметр (*мм*)					Соотношения между количеством фракций <0,1 *мм* влажных и сухих проб
	1,0	1,0—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01	
1	(0,02)	5,22	13,25	16,15	65,38	
	(1,2)	4,3	14,5	25,0	56,2	1,16
2	—	0,43	2,29	19,67	77,61	
	—	0,2	4,3	32,8	62,7	1,24
3	—	0,45	0,54	12,97	86,04	
	—	0,5	6,5	22,2	70,8	1,22
4	(0,03)	4,16	9,01	15,75	71,08	
	(0.3)	0,5	2,3	35,2	62,0	1,15
5	—	4,53	13,67	22,55	59,25	
	0,6	5,3	8,9	34,9	50,9	1,16
6	—	0,22	2,10	20,58	77,10	
	0,4	1,3	2,5	29,2	67,0	1,15
7	—	0,76	0,84	11,57	86,83	
	—	0,6	0,7	12,7	86,0	1,01
8	—	2,05	17,89	17,37	62,69	
	—	3,3	18,6	22,8	55,3	1,13
9	0,8	0,58	0,34	7,09	91,99	
	0,4	1,6	8,7	18,6	71,1	1,29
10	0,2	0,47	0,40	23,14	75,99	
	следы	0,6	6,1	35,6	57,7	1,32
11	0,2	12,03	11,09	21,94	54,94	
	0,1	8,0	16,7	31,8	43,5	1,26
12	0,6	0,23	0,23	8,75	90,79	
	—	0,2	2,0	23,0	74,8	1,21
13	—	0,99	0,25	9,64	89,12	
	—	0,2	2,8	21,2	75,8	1,18

Примечание. Первые строки относятся к анализам влажных проб, вторые — к анализам сухих проб.

нице. В ряде проб содержалось больше органического вещества, однако расхождения в выходе мелкой фракции (меньше 0,01 *мм*) у влажных и воздушно-сухих проб получились все же небольшими. Это показывает, что, во-первых, вывод В. П. Зенковича о влиянии органического вещества на результаты анализа подлежит проверке и, во-вторых, что высокодисперс-

ные донные отложения глубоководных впадин могут без больших погрешностей анализироваться как в воздушно-сухом, так и во влажном состоянии.

Поступила 11/X 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенкович В. П. О подготовке илистых морских осадков к механическому анализу. Труды Инст. океанол., т. III, 1949.
2. Кленова М. В. К методике механического анализа морских осадков. Труды Научно-исслед. инст. минерал. и петрогр. 1, МГУ, 5, 1928.
3. Кленова М. В. Отчет о работе комиссии по механическому анализу. Бюлл. Гос. океаногр. инст., 1, 1931.
4. Кленова М. В. и Рачковская К. А Метод пипетки в применении к морским осадкам. Бюлл. Гос. океаногр. инст., 12, 1933.

И. М. ДОЛГИН, В. В. ФРОЛОВ

ДВАДЦАТЬ ПЯТЬ ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЫ В АРКТИКЕ

30 января 1955 г. метеорологи и аэрологи нашей страны широко отметили замечательную для метеорологической науки дату — 25-летие со дня выпуска в Институте аэрологии Главной геофизической обсерватории (ГГО) первого в мире радиозонда. В 1956 г. исполнилась вторая замечательная дата — 25-летие радиозондирования в Арктике.

Созданием радиозонда было ознаменовано начало важного этапа в изучении свободной атмосферы. Особое значение это имело для изучения атмосферы над арктическими областями, где существовавшие тогда методы аэрологических исследований либо были неприменимы, либо могли применяться весьма ограниченно.

Честь изобретения радиозонда принадлежит выдающемуся советскому аэрологу Павлу Александровичу Молчанову. С его именем связано также внедрение радиозонда и организация аэрологической сети в Арктике. После первых удачных выпусков радиозондов в Слуцке П. А. Молчанов приступил к организации радиозондовых наблюдений в Арктике, что представляло особый интерес в связи с подготовкой ко Второму международному полярному году.

Арктическая область представляет собой громадный резервуар холодного воздуха, который, взаимодействуя с воздушными массами средних и южных широт, обусловливает изменения погоды на огромных пространствах. Проникновение арктических холодных воздушных масс, особенно в весенний период, в южные широты нередко наносит большой ущерб народному хозяйству. Поэтому непрерывные наблюдения за атмосферой в Арктике представляют не только научный, но и большой практический интерес.

Создание сети полярных станций, число которых в настоящее время превышает сто, обеспечило возможность вести регулярные комплексные наблюдения за различными явлениями природы Арктики. Полярные станции явились прочной основой для практического освоения Северного морского пути. Собранные материалы полярных станций дали, в частности, и возможность изучить в основном климат Арктики. Однако в связи с развитием в начале 30-х годов воздушных сообщений настойчиво потребовалось изучение атмосферы не только в приземном слое, а и на высотах. Данные метеорологических наблюдений, проводимых лишь у земной поверхности, не только не достаточны для суждения о состоянии атмосферы, но в некоторых

случаях могут даже ввести в заблуждение. Например, в Арктике в слое атмосферы от земли до 300—400 *м* часто наблюдается «холодная пленка» воздуха, которая маскирует действительную сущность процессов, что нередко приводит к неправильной их интерпретации.

В последующем было установлено, что атмосферные процессы в тропосфере находятся в тесном взаимодействии с процессами, происходящими в высоких слоях. Имеются указания на то, что метеорологические явления у земли в значительной степени связаны, а иногда и обусловлены процессами, происходящими во всей толще атмосферы. Так, доказано, что изменение давления у земной поверхности в известной степени связано с колебанием температуры в верхних слоях атмосферы. Все это требовало наряду с развитием сети метеорологических станций организации в Арктике постоянных пунктов для производства аэрологических наблюдений — ветрового и температурного зондирования.

Из истории развития метеорологии и аэрологии известно, что свободная атмосфера уже давно стала предметом активного изучения. Первые попытки проникнуть в высокие слои атмосферы относятся к отдаленным временам.

Еще в XVIII в. великий русский ученый М. В. Ломоносов высказал идею изучения высоких слоев атмосферы. В своем «Рассуждении о большой точности Морского пути» (1759 г.) он рекомендует организацию постоянных исследований в этой области путем устройства специальных самопишущих обсерваторий для наблюдений над температурой атмосферы на различных высотах.

Горячим пропагандистом исследования высоких слоев атмосферы был Д. И. Менделеев. В 1870 г. он указывал, что без достаточных сведений об атмосфере метеорологические выводы останутся «суждениями краба», который, находясь на морском дне, решает вопросы о морских бурях.

Д. И. Менделеев предлагал положить в основу аэрологических исследований метод подъема воздушных шаров с приборами самописцами-метеорографами, которые одновременно регистрировали бы температуру, давление и влажность воздуха. Впоследствии методика подъемов метеорографов на змеях, привязных аэростатах и шарах-зондах, явившаяся на смену дорогим и небезопасным полетам наблюдателей на свободных аэростатах, произвела переворот в аэрологических исследованиях. В начале 20-х годов XX в. стали практиковаться подъемы метеорографов на самолетах.

Первые удачные подъемы метеорографа на змеях в России начались в 1898 г. В Арктике змейковые подъемы проводились впервые в 1914/15 г. с гидрографического судна «Таймыр» Н. И. Евгеновым, которым произведено 44 удачных подъема у западного берега о. Таймыр. Змейковые подъемы на полярных станциях начались по инициативе П. А. Молчанова с 1930 г. В 1933/34 г. змейковые подъемы производились уже на пяти полярных станциях (бухта Тихая, мыс Желания, о. Диксона, бухта Тикси, Уэлен). В 1936/37 г. наблюдения производились также на станциях бухта Варнека, о. Белый, мыс Челюскина, о. Уединения, о. Четырехстолбовой и мыс Шмидта.

Подъемы метеорографов в Арктике ограничиваются условиями погоды. Поэтому змейковые наблюдения не могли найти широкого применения для аэрологических целей и с 1941 г. прекратились. С 1942 по 1945 г. такие наблюдения проводились только на мысе Желания. За весь период применения этого метода больше всего поднято змеев на мысе Желания (324), о. Диксона (180) и в Уэлене (295).

Следует однако отметить, что несмотря на малую пригодность змейкового метода изучения свободной атмосферы, в некоторых удаленных от авиатрассы районах Арктики он и в настоящее время может успешно применяться для решения частных задач. Например, для изучения стратифи-

кации атмосферы в нижнем (1—2 *км*) слое, для изучения колебания высоты низких облаков и т. д. этот метод является полноценным.

Первые выпуски шаров-зондов начались в 1896 г. Сущность этого метода заключается в том, что метеорограф запускался в полет на резиновом шаре, наполненном водородом, причем на известной высоте он отрывался от шара (или, если оболочка разрывалась, вместе с оболочкой) и падал на землю. Результаты подъема становились известными только после нахождения прибора и доставки его на место выпуска. Следовательно, чтобы получить результаты наблюдений, произведенных при подъеме, прибор должен быть обязательно найден. Это являлось серьезным недостатком метода, ибо даже в случае нахождения прибора полученные результаты теряли свое оперативное значение для составления прогнозов погоды. Опыт показал, что для Москвы продолжительность времени от момента выпуска шара-зонда до момента нахождения прибора оказывалась достаточно велика:

в день выпуска были найдены	— 34% шаров-зондов
на следующий день	— 12,9%
в период от 3 до 5 дней	— 12,9 »
» » » 6 до 15 »	— 11,6 »
» » » 16 дней до 1 месяца	— 6,9 »
» » » 1 до 6 месяцев	— 16,2 »
» » свыше 6 месяцев	— 5,5 »

В районе Ленинграда процент возвращения приборов был совсем небольшим. Тем более трудно было рассчитывать на нахождение приборов в условиях Арктики. Вот почему первые сообщения о возможности создания радиозонда вызвали большой интерес у полярников. Преимущество радиозондирования атмосферы по сравнению с другими аэрологическими методами исключительно велико. Радиозонд позволяет измерять температуру, давление и влажность воздуха в слоях, через которые он проходит во время подъема. Отличие от других методов состоит в том, что данные об измеряемых элементах передаются по радио и могут быть приняты еще во время подъема прибора. Поэтому его потеря не имеет никакого значения для результатов зондирования.

Устройство радиозонда очень простое. Стрелки приемников, измеряющих температуру, давление и влажность, скользя по контактным гребенкам, замыкают цепь электрического тока в коротковолновом передатчике, соединенном с прибором. Наблюдатель на станции принимает эти сигналы, благодаря чему результаты измерения становятся известными немедленно.

Особый интерес новый метод исследования атмосферы вызвал в связи с подготовкой ко Второму международному полярному году. В 1928 г. на съезде общества «Аэроарктика», состоявшемся в Ленинграде под председательством известного полярного исследователя Ф. Нансена, было принято решение применить во время предстоящего полета в Арктику на дирижабле «Граф Цеппелин» радиозонд, созданный П. А. Молчановым.

Согласно постановлению Международной комиссии по проведению Второго международного полярного года Ленинградский институт гражданского воздушного флота организовал экспедицию в Мурманск под руководством П. А. Молчанова и А. А. Ершова для испытания радиозонда в арктических условиях в период полярной ночи. В Александровке (ныне Полярный) близ Мурманска в январе 1931 г. было выпущено девять радиозондов. Один из них достиг высоты 10,5 *км*. Стратосфера была зафиксирована на уровне 9,7 *км*, ее температура составляла — 55°.

Полет дирижабля «Граф Цеппелин» в Арктику состоялся летом 1931 г. Программа аэрологических наблюдений была разработана с участием П. А. Молчанова, ему же было поручено проведение этой программы во время

полета. С дирижабля в Арктике было выпущено четыре радиозонда. Несмотря на сложность выпуска радиозондов с летящего корабля, все четыре подъема оказались удачными, результаты наблюдений были прекрасными. Таким образом, предварительное мнение об исключительной ценности изобретения П. А. Молчанова вполне оправдалось.

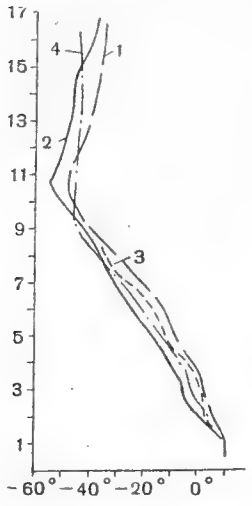

Рис. 1. Распределение температуры с высотой над Арктикой.

Первый выпуск радиозонда был произведен 28 июля в 4 часа 30 мин. *(1)* на середине пути между Землей Франца-Иосифа и Северной Землей, второй—28 июля в 11 час. 30 мин. *(2)* перед п-овом Таймыр, причем радиозонд достиг высоты 17,0 *км*. Третий радиозонд был выпущен 29 июля в 15 час. *(3)* на юге Новой Земли, четвертый—в 10 час. 45 мин. *(4)* перед мысом Канин Нос. Этим было положено начало изучению высоких слоев атмосферы в Арктике. Результаты зондирования приведены на рис. 1. Пробные выпуски радиозондов в Арктике в 1931 г. (в Полярном и с дирижабля «Граф Цеппелин») подготовили проведение аэрологических наблюдений во время Второго международного полярного года (1932/33 г.) и положили основу для организации в Арктике постоянных аэрологических пунктов температурного зондирования.

В 1932 г. в Арктике было организовано пять первых сетевых аэрологических пунктов (в бухте Тихой, на Земле Франца-Иосифа, в Маточкином Шаре, на Новой Земле и на о. Диксона). Первый радиозонд в бухте Тихой выпущен 14 августа 1932 г. С этого времени в бухте Тихой радиозондирование не прекращается до настоящего времени.

в 1932 г.	было	выпущено	8	радиозондов
» 1933 »	»	»	22	»
» 1934 »	»	»	51	»
» 1935 »	»	»	97	»

В последующие годы число радиозондирований неуклонно возрастало. На остальных пунктах в 1932/33 г. было выпущено более 20 радиозондов.

Радиозондовые наблюдения в те годы были нелегким делом, так как каждый выпуск сопровождался экспериментами по усовершенствованию самого прибора. Выпуск радиозонда производился на гирлянде из 20—22 шаров, наполненных водородом подъемной силы до 200—210 *г* каждый. Такая большая связка шаров не только затрудняла выпуск радиозонда, но и снижала высоту зондирований. Особые трудности испытывали аэрологи во время выпуска радиозонда в условиях полярной ночи. В 1932 г. выпущенные радиозонды обычно наблюдались лишь до 6—7—8 *км*, не достигая стратосферы. Лишь 21 января 1933 г. была достигнута стратосфера (на высоте 7140 *м*, при температуре —54°).

Таким образом, данные радиозондирования показали, что в Арктике стратосфера не расположена так низко, как это предполагалось по существовавшим тогда представлениям. Чрезвычайно интересны результаты радиозондирования, проведенного на л/п «Челюскин» Н. Н. Шпаковским в условиях открытого моря в совершенно не изученном районе. С августа по ноябрь им было выпущено 11 радиозондов в районе 66°03′—78°03′ с. ш., 67°15′ в.д. — 169°06′ з. д.

Максимальной высоты (11, 9 *км*) радиозонд достиг 5 ноября, нижняя граница стратосферы обнаружена на высоте 8,9 *км*, температура на ее уровне составляла — 43,°3.

Благодаря успехам радиозондирования, достигнутым в 1931—1933 гг. в Арктике, этот метод получил широкое распространение в Советском Союзе.

В 1933 г. при передаче сети полярных станций в ведение Арктического института в Арктике насчитывалось четыре аэрологические станции, радиозондирование производилось только на двух из них (в бухте Тихой и на о. Диксона).

Одновременно с ростом числа аэрологических станций неизменно росло количество наблюдений. В 1936/37 г. уже имелось восемь радиозондовых станций. За один год на них было выпущено 362 радиозонда. К началу Великой Отечественной войны аэрологическая сеть уже насчитывала 15 постоянно действующих станций. В 1940/41 г. было выпущено 1312 радиозондов, т. е. почти в 4 раза больше, чем в 1937 г.

В настоящее время в Арктике насчитывается 21 постоянно-действующая станция, где производится радиозондирование атмосферы. По отдельным морям они распределяются следующим образом:

Баренцово море

Баренцбург, бухта Тихая, Малые Кармакулы

Карское море

Мыс Желания, Амдерма, о. Диксона, мыс Челюскина, о. Визе, мыс Каменный

Море Лаптевых

Бухта Тикси, о. Котельный

Восточно-Сибирское море

Кресты-Колымские, о. Четырехстолбовой

Чукотское море

Мыс Шмидта, Уэлен, бухта Провидения, Анадырь, бухта Угольная

На континенте

Игарка, Хатанга, Дудинка

С 1948 г. на всех аэрологических станциях обеспечивается регулярный выпуск двух радиозондов в сутки. Начиная с 1956 г., на многих станциях организуется трехкратное зондирование.

За истекшие 25 лет со дня выпуска первого радиозонда в Арктике было произведено более 76 000 радиозондовых наблюдений. Количество выпусков радиозондов по отдельным периодам приводится в табл. 1.

Таблица 1

Рост числа радиозондовых наблюдений за 25 лет

	1932—1937гг.	1938—1942 гг.	1943—1947 гг.	1948—1952 гг.	1953—1956 гг.
Число наблюдений .	726	3869	5443	27 880	38 456
Число станций . . .	8	8	10	19	21

Кроме систематического роста количества выпусков радиозондов, значительно улучшилось качество получаемых материалов. Это связано с постоянным усовершенствованием аппаратуры для радиозондирования, значительным улучшением методического руководства сетью и более высокой квалификацией наблюдателей. В этом отношении следует отметить в прошлом большие заслуги Главной геофизической обсерватории, а в настоящее время — Центральной аэрологической обсерватории, являющейся экспериментально-методическим центром СССР по аэрологии.

За последние годы значительно возросла максимальная высота подъемов радиозондов. В 1933/34 г. она редко превышала 8 *км*; в 1936/37 г. на многих станциях средняя высота составляла 12—13 *км*, а максимальная 23 *км*. В настоящее время средняя высота на отдельных станциях достигает 18—19 *км*, а максимальная 30—31 *км*.

На основании аэрологических наблюдений в 1938 и 1940 гг. были получены подробные характеристики структуры атмосферы над полярными районами, позволявшие существенно изменить некоторые представления. Так, аэрологические наблюдения в бухте Тихой с 1932 по 1935 гг. (И. Г. Гутерман) и в западном секторе Арктики с 1933 по 1939 г. (А. А. Гирс), показали, что среднее положение нулевой изотермы в летнее время выше, чем можно было ожидать для полярных районов. Для июля и августа эта высота составляет 2000 и 2500 *м*. Максимальная высота в отдельных случаях превышает 3000 *м*. Повторяемость и мощность инверсии в высоких широтах значительно больше, чем в средних. В бухте Тихой, например, инверсии наблюдаются почти для 95% всех подъемов; приземные инверсии составляют около трети общего числа и обнаруживают годовой ход с максимумом зимой и минимумом летом. Эта сезонная зависимость позволила А. А. Гирсу сделать вывод о том, что переходными месяцами для сезонов являются: от зимы к весне — апрель; от весны к лету — июль; от лета к осени — сентябрь; от осени к зиме — декабрь.

Вертикальные градиенты температуры в нижнем километровом слое в течение года претерпевают большие изменения; в мае — июле их значения почти адиабатические (0,84,—0°,96), в январе — марте и августе, наоборот, они достигают минимальных величин. В ходе изменений положительных и отрицательных градиентов с высотой имеются слои их убывания и возрастания, причем в разные сезоны максимум повторяемости вертикальных температурных градиентов перемещается в различных слоях тропосферы в различные интервалы значений градиентов. Сравнение показало, что в тропосфере над средними широтами температура зимой в среднем на 10—12° выше, чем над Арктикой. Летом эта разность убывает с высотой, у земли она составляет 17°, а на высоте 8 *км* 2,°0. Нижняя граница стратосферы в Арктике летом ниже, чем в южных широтах.

Еще ранее П. А. Молчанов провел сравнение температуры над полярными станциями и Слуцком, полученной путем зондирования атмосферы в одни и те же дни. Им было установлено, что в тропосфере разности температур в слое 2—7 *км* остаются постоянными и составляют 10°. В стратосфере в полярном районе температура воздуха выше, чем над Слуцком.

В Арктике им была установлена большая повторяемость устойчивой стратификации и наличие мощных инверсий; наибольшая междусуточная изменчивость отмечается на высоте 8 *км*; зимой и весной наблюдается низкая и холодная стратосфера, а летом и осенью — высокая и теплая. В июле и августе средняя высота стратосферы составляет соответственно 10 и 10,26 *км*, температура на ее уровне —46,6 и —44°,7. Средняя высота тропопаузы за год равна 9070 *м*, температура —53,°6. В июле максимальная высота тропопаузы достигает 12 480 *м*, минимальная — 5600 *м*. Максимальная температура тропопаузы —39°,7 наблюдалась в июле на высоте 11,4 *км*, минимальная температура —73°,0 — в декабре на высоте 10 000 *м*.

За время существования аэрологической сети в Арктике накоплен большой опыт по радиозондированию. В ежегодных отчетах старших аэрологов имеется большое число рационализаторских предложений по улучшению организации и производства аэрологических наблюдений в Арктике. Многие из этих предложений были ими успешно внедрены. Опыт, накопленный за первые 12 лет радиозондирования, обобщен А. А. Гирсом и Т. В. Ни-

колаевой в «Руководстве по производству аэрологических наблюдений в Арктике» (1944 г.).

Аэрологи в Арктике нередко вынуждены работать вполне самостоятельно, так как не всегда имеют возможность получить необходимую помощь. Поэтому большую роль в подготовке аэрологов и в улучшении организации их работы сыграло опубликованное в 1946 г. «Руководство по радиозондированию атмосферы для аэрологических станций Арктики», составленное А. А. Гирсом. Положительную роль в подготовке кадров аэрологов-полярников сыграли брошюры, написанные опытными аэрологами: И. М. Бушевым «Опыт аэрологов в бухте Тихой», В. Г. Канаки и А. А. Ледовичем «Работа аэрологов в Арктике», Н. Н. Георгиевским «Из опыта полярников-рационализаторов».

В связи с проведением Третьего международного геофизического года сеть аэрологических станций расширится. В 1957 г. намечается открыть семь новых пунктов по радиозондированию атмосферы: в Нагурской, на о. Уединения, о. Геломянном, о. Преображения, о. Жохова, мысе Шалаурова и о. Врангеля.

Такое число станций в основном удовлетворит потребности синоптической службы данными для анализа и прогноза погоды в прибрежных районах Советской Арктики. Однако более северные районы трассы и центральная часть Арктического бассейна останутся неосвещенными.

Отсутствие наблюдений в Центральной Арктике создавало серьезные затруднения при анализе синоптических карт, на которых огромная территория центральной части Северного Ледовитого океана представляла собой «белое пятно». Данные по Советской Арктике не могли сопоставляться с результатами наблюдений в Зарубежной Арктике. Все это снижало качество прогнозов погоды и препятствовало развитию теоретических исследований по вопросам общей циркуляции атмосферы.

На необходимость организации аэрологических наблюдений в Центральной Арктике неоднократно указывали В. Ю. Визе, П. А. Молчанов и другие ученые. П. А. Молчанов считал, что устройство хотя бы одной станции в Центральной Арктике дало бы необычайно ценные материалы, а выпуск 10—20 радиозондов на полюсе позволил бы получить исключительно важные данные для характеристики строения атмосферы, температуры и высоты стратосферы.

Чтобы устранить этот пробел, начиная с 1946 г., параллельно с развитием аэрологических работ на полярных станциях Арктический институт расширил свою экспедиционную деятельность. Эпизодически стали производить аэрологические наблюдения в высоких широтах с использованием опыта выпуска радиозондов с морских судов (в 1933 г.—с л/п «Челюскин», в 1935 г. — с л/п «Садко», в 1937 г. — с л/к «Ленин»). Летом 1946 г. с л/к «Северный полюс» севернее о. Врангеля было выпущено 48 радиозондов. В 1948 г. за период навигации в морях Карском и Лаптевых с л/р «Ф. Литке» выпущено около 200 радиозондов. В том же году и в 1949 г. в порядке опыта с дрейфующего льда Арктического бассейна выпущено несколько десятков радиозондов.

В марте 1950 г. в восточной части Центральной Арктики была организована дрейфующая научно-исследовательская станция «Северный полюс-2», существовавшая до апреля 1951 г. С апреля по октябрь 1950 г. было выпущено 320 радиозондов. Высококвалифицированные аэрологи П. Ф. Зайчиков, В. Г. Канаки, В. Е. Благодаров обеспечили наблюдения отличного качества. Почти по всем радиозондам получены данные о стратификации нижней части стратосферы. С 1954 г. в Центральной Арктике регулярно проводятся аэрологические наблюдения по два раза в день на двух станциях. Уже за первые два года работы этих станций получен материал исключи-

тельной ценности, дающий возможность заняться изучением климата Центральной Арктики. Организация аэрологических и метеорологических наблюдений на дрейфующих станциях имеет не только научный, но и практический интерес. Данные дрейфующих станций успешно используются различными прогностическими организациями Советского Союза и зарубежной службой погоды.

Для изучения термического режима атмосферы в Арктике, кроме вертикального зондирования, в последние годы производится горизонтальное зондирование атмосферы. С этой целью в Арктике совершаются полеты «Летающей обсерватории», которая оснащена аэрологическим оборудованием, в том числе термогигрометрической установкой «ЛО-3», созданной в Арктическом институте проф. М. И. Гольцманом. Эта установка позволяет определять в полете температуру воздуха при помощи электрического термометра сопротивления, влажность воздуха по точке росы методом темного поля и давление воздуха анероидом-высотомером. Для решения сложных задач в Арктике необходимо в шестой пятилетке организовать в высоких широтах регулярные и достаточно частые полеты «Летающей обсерватории».

XX съезд КПСС поставил перед нашей страной в шестой пятилетке грандиозные задачи во всех областях народного хозяйства и культуры. В своих директивах по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР съезд определил задачи дальнейших работ в Арктике. В свете этих задач значительно возрастает роль арктической прогностической службы. Деятельность арктических обсерваторий и сети полярных станций должна обеспечить выполнение плана работ в Арктике. Помимо расширения сети, необходимо добиться высокого качества метеорологических и аэрологических наблюдений на полярных станциях, повышения максимальной высоты подъемов радиозондов и шаров-пилотов. Все это может быть достигнуто, главным образом, на основе внедрения новейших достижений техники.

Поступила 28/VIII 1956 г.

Н. И. ТЯБИН

К ВОПРОСУ О ПРОЯВЛЕНИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Как установлено многими предыдущими исследованиями, приход лучистой энергии на нашу планету, помимо строго периодических, количественных колебаний, зависящих от астрономических элементов Земли как планеты, претерпевает также и качественные изменения, носящие пульсирующий, ритмический характер. Эти последние изменения, обусловленные явлениями, происходящими на самом Солнце, ощущаются на Земле, в первую очередь, в виде излучения Солнцем коротких (ультрафиолетовых) волн, или так называемой активной радиации.

Такие качественные изменения радиации, заключающиеся в перераспределении волн по спектральному составу с усилением или ослаблением доли коротких волн, обладающих весьма большой тепловой энергией, имеют исключительно важное значение для земной атмосферы. Последняя, поглощая активную радиацию Солнца на внешних своих слоях, претерпевает соответствующие изменения, передаваемые затем тропосфере.

Нарастающий и спадающий в определенной последовательности ход этих изменений, имея своей природой совокупность физических явлений на Солнце, как известно, не характеризуется правильной повторяемостью во времени и потому не может быть отнесен к категории явлений периодических. По-видимому, наиболее удачно определение этого хода изменений как явления циклического.

Цикличность различных видимых проявлений солнечной активности в виде солнечных пятен, факелов, флоккул, хромосферных извержений, коронарных образований и др. не однозначна. Относительно короткие циклы в развитии одних явлений постоянно накладываются на более длительные циклы колебаний других явлений. Порождаемая в результате различных циклических изменений солнечной активности добавочная энергия, видимо, и является тем агентом, который вызывает многие явления в атмосфере и гидросфере Земли, сходные по своему характеру с солнечным циклом того или иного порядка.

Вопрос воздействия солнечной активности на тропосферу Земли в настоящее время еще не нашел своего окончательного разрешения. Однако проведенные в этой области исследования уже сейчас позволяют ученым высказать в некоторой мере близкое к истине суждение. Как показали многие наблюдения, росту солнечной активности сопутствует усиление электронно-ионной концентрации в ионосфере, что, в свою очередь, ведет к увеличению температуры ионосферы. Последнее обстоятельство имеет своим следствием

усиленный перенос частиц материи на высоте верхней тропопаузы (около 80 *км*), общая направленность потоков которого противоположна таковой на нижней тропопаузе. Если затем допустимо предположение о наличии замкнутого вертикального циркуляционного кольца, составляющими которого являются противоположно направленные потоки материальных частиц на обеих тропопаузах, то увеличение скорости потоков на верхней тропопаузе несомненно должно сопровождаться увеличением интенсивности потоков и на нижней тропопаузе. Иными словами, увеличение солнечной активности должно повлечь за собой усиление общей циркуляции тропосферы. Таким в общих чертах следует полагать механизм передачи добавочных количеств энергии от Солнца земной атмосфере.

Занимаясь изучением общей циркуляции атмосферы над отдельными крупными районами Земли, В. Ю. Визе [2], И. В. Максимов [4], Л. А. Вительс [3] и другие исследователи обнаружили вполне ощутимую связь отдельных показателей атмосферной циркуляции с проявлениями солнечной активности.

Так Е. Е. Федоров и В. Ю. Визе [2], сопоставляя многолетние данные по интенсивности барических образований и изменению солнечной активности, установили «закон акцентации атмосферы», согласно первой части которого «усиление солнечной активности ведет к обострению барического рельефа», т. е. к усилению барических контрастов в земной атмосфере. Однако вторая часть этого «закона», утверждающая, что изменение солнечной активности по времени не вызывает изменений в типе атмосферной циркуляции, по нашим выводам, в настоящее время должна быть пересмотрена [1].

Обусловленность хода отдельных явлений в атмосфере и гидросфере Земли солнечной активностью с достаточной убедительностью была в последнее время показна в работах И. В. Максимова [4]). Пользуясь методом периодографического анализа Шустера, он на большом материале подтвердил наличие связи между различной длительности циклическими изменениями солнечной активности и ходом некоторых гидрометеорологических характеристик на Земле.

Л. А. Вительс [3] в свое время произвел подсчет количества дней (за определенные периоды) с различным состоянием барических образований по ряду районов. Сравнивая величины этих индексов с соответствующими индексами солнечной активности — числами Вольфа и рекуррентностью, — он также пришел к выводу, что в эпохи максимумов солнечных пятен интенсивность циркуляции атмосферы выше средней многолетней, а в эпохи минимумов — значительно меньше нее.

Кроме того, коррелируя сглаженные значения солнечных и циркуляционных индексов, Л. А. Вительс получил довольно тесную связь, коэффициент корреляции которой оказался равным $r = +0{,}80$. В то же время для несглаженных значений тех же величин связь практически отсутствовала. Этот факт указывает на то, что различной степени активность Солнца за сравнительно короткие промежутки времени заметных изменений в атмосфере Земли не вызывает. Вместе с тем на колебаниях в атмосфере по длительным периодам воздействие активности Солнца проявляется с достаточной очевидностью. По всей вероятности, здесь, с одной стороны, сказывается до известной степени физическая автономность земной атмосферы, а с другой — безусловная инерция тропосферных процессов.

Принимая во внимание свойство земной атмосферы реагировать на более длительные изменения активности Солнца, нами была предпринята попытка исследовать длительный ход атмосферной циркуляции по принятой

[1] На это уже в свое время указывал и М. С. Эйгенсон.

Г. Я. Вангенгеймом [1] классификации. При этом следовало уточнить: каков ход изменений этих типов по времени [1] и какими причинами он обусловлен.

Для ответа на поставленные вопросы по всем трем типам атмосферной циркуляции — меридиональному (С), западному (W) и восточному (Е) — с 1891 г. были подсчитаны суммы их годичной повторяемости по промежуткам времени, равным средней продолжительности одного полного солнечного цикла. В последнее время установлено, что за полный солнечный цикл

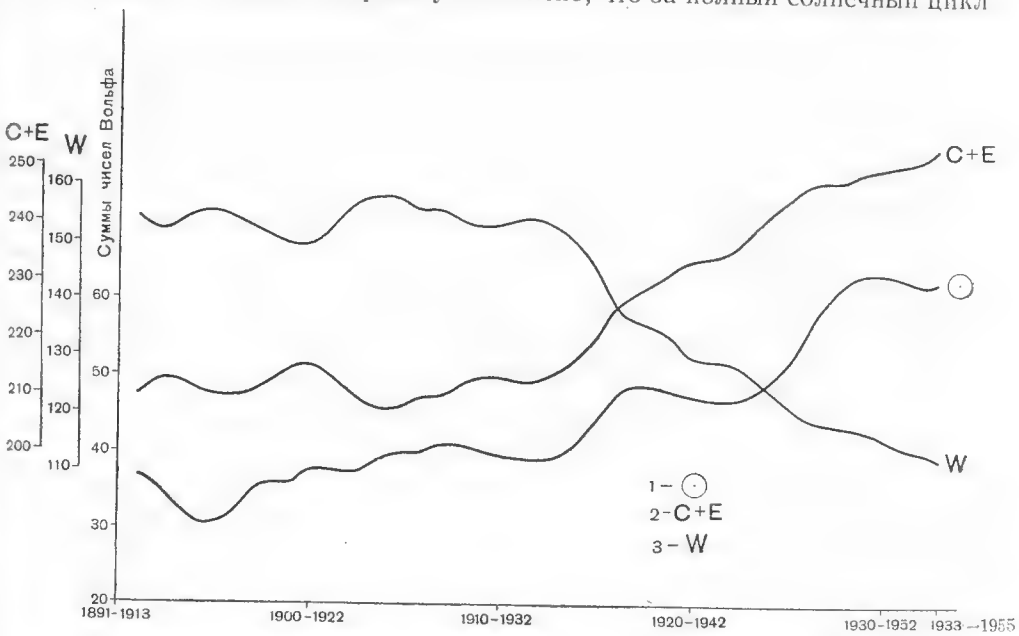

Рис. 1. Сопоставление изменений солнечной активности с колебаниями годичной повторяемости типов атмосферной циркуляции с 1891 по 1955 г. (осреднение по 22-летиям).

1 — среднегодовые значения чисел Вольфа; *2* — суммарная годичная повторяемость меридионального и восточного типов атмосферной циркуляции; *3* — годичная повторяемость западного типа атмосферной циркуляции.

следует принимать не одиннадцатилетний цикл, как это считалось раньше, а двойной одиннадцатилетний, т. е. 22-летний. Это связано с периодической сменой полярности головных и хвостовых солнечных пятен[2] в группах обоих полушарий Солнца в каждом последующем одиннадцатилетнем цикле на обратную. Поэтому промежутки времени для подсчета сумм и следует брать равными именно 22 годам.

Параллельно с этим и по тому же принципу, начиная с 1891 г., производился подсчет сумм среднегодичных значений чисел Вольфа, которые, как известно, с допустимой степенью точности могут служить одним из критериев изменения солнечной активности.

Сопоставление графиков, построенных на основе полученных величин (рис. 1), показало, что кривая, характеризующая ход изменений солнечной

[1] Эпохальные колебания циркуляции атмосферы исследовались ранее Г. Я. Вангенгеймом. Им в свое время было подмечено совпадение средней продолжительности эпох со средней цикличностью солнечной активности (имеется в виду продолжительность солнечного цикла, близкая к 11 годам).

[2] Солнечные пятна — мощные вихревые (циклонические) образования, число и площадь которых на поверхности фотосферы достигают максимума в среднем каждые 11 лет.

активности, постепенно возрастала от минимума, имевшего место в конце прошлого — начале настоящего столетия, до максимума, относящегося к нашему времени. Это в достаточной мере согласуется с закономерным изменением за исследуемый период солнечной активности, средняя продолжительность каждого цикла которой определяется 80—90 годами [4].

Не менее интересной оказалась кривая, характеризующая ход изменений годичной повторяемости западного типа атмосферной циркуляции; положение этой кривой представляет почти зеркальное отображение кривой хода активности Солнца.

Если учесть, что наблюдавшееся в первой половине нашего столетия потепление Арктики было связано с систематическим повышением солнечной активности в вековом ее ходе, то со стороны атмосферы северного полушария Земли оно обусловливалось в общем, также систематическим падением западного типа циркуляции. При этом типе атмосферной циркуляции, как известно, наблюдается ослабление междуширотного переноса воздушных масс, в результате чего в значительной мере обостряется термический градиент между северными и южными широтами. При усилении западного типа атмосферной циркуляции находит свое объяснение и распределение аномалий температуры воздуха — отрицательной для приполярных районов и положительной для умеренных и субтропических широт. По всей вероятности, и общий фон колебания ледовитости арктических морей в нашу эпоху также связан с длительным уменьшением годичной повторяемости именно западного типа циркуляции атмосферы и увеличением повторяемости меридионального и восточного ее типов.

Для выявления степени зависимости изменений западного типа атмосферной циркуляции от колебаний солнечной активности уместно было воспользоваться корреляцией между этими двумя переменными. Соответствующие расчеты показали, что между изменениями обеих величин существует весьма тесная обратная связь. Коэффициент корреляции этой связи оказался равным

$$r = -0{,}94 \pm 0{,}01.$$

Приведенный результат указывает на то, что полученная связь не случайна и что между длительным изменением солнечной активности и колебаниями атмосферной циркуляции существует вполне определенная зависимость, причем солнечная активность проявляется как в изменениях интенсивности атмосферной циркуляции, так и в изменениях ее характера (типа).

Меридиональный и восточный типы атмосферной циркуляции по своим проявлениям имеют много общего, хотя по структурным особенностям они и не однозначны. Так, для обоих типов характерна устойчивая локализация антициклонических образований в умеренных и субтропических широтах; разница заключается лишь в их расположении относительно конкретных географических районов. Движение циклонов в том и другом случае происходит, как правило, по траекториям, положение которых связано с распространением к северу отрогов высокого давления, т. е. как бы путем «восхождения» к северо-востоку, огибания и последующего «опускания» их к юго-востоку. Зональное перемещение циклонов, присущее западному типу атмосферной циркуляции, у меридионального и восточного типов не наблюдается. В значительной мере аналогичен у этих двух типов атмосферной циркуляции и механизм формирования областей положительной и отрицательной аномалий температуры и давления воздуха. Кроме того, свойственный меридиональному и восточному типам атмосферной циркуляции интенсивный воздухообмен между южными и северными широтами в значительной мере отличает их от западного типа, при котором такой воздухообмен чрезвычайно ослаблен.

Все это наводит на мысль о том, что меридиональный и восточный типы атмосферной циркуляции в первом приближении можно рассматривать как две разновидности одного и того же атмосферного процесса, имеющего, повидимому, и единую причину своего возникновения, развития и последующего преобразования в другой тип.

Исходя из этих предпосылок, в данном случае представилось более целесообразным рассматривать ход изменений этих двух типов атмосферной циркуляции совместно (суммарно). При определении корреляционным путем изменений повторяемости восточного и меридионального типов циркуляции атмосферы с колебаниями солнечной активности (по 22-летним осреднениям) получилось, что наиболее показателен в этом отношении восточный тип. Коррелируемые величины повторяемости этого типа с индексами солнечной активности дали значение коэффициента $r = + 0{,}79$, в то время как для меридионального типа циркуляции этот коэффициент составляет всего $r = + 0{,}34$.

Суммарный же коэффициент корреляции, как производный от предыдущего, равен

$$R = + 0{,}94 \pm 0{,}01.$$

Уравнение регрессии в этом случае имеет вид:

$$Z = 0{,}46x + 0{,}82y - 107{,}44,$$

где Z — показатель солнечной активности;

x — повторяемость меридионального типа атмосферной циркуляции;

y — » восточного типа атмосферной циркуляции;

В свете изложенного нетрудно убедиться, что в общем многолетнем ходе развития атмосферной циркуляции мы имеем дело не только с закономерным процессом преобразования типов атмосферной циркуляции во времени, но и причиной его обусловливающей, — солнечной активностью.

Кратко резюмируя сказанное, можно заключить, что с изменением солнечной активности изменяется не только интенсивность атмосферной циркуляции, как было установлено раньше, но и ее тип.

Поступила 29 X 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вангенгейм Г. Я. Основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для Арктики. Труды Аркт. инст., 34, 1952.

2. Визе В. Ю. Колебание солнечной деятельности и ледовитость арктических морей. Доклад юбил. сессии Аркт. инст., 1945.

3. Вительс Л. А. Интенсивность атмосферной циркуляции в Арктике и солнечная активность. Гидрол. и метеорол., № 6, 1946.

4. Максимов И. В. О некоторых геофизических причинах многолетних колебаний ледовитости северной части атлантического океана. Уч. Зап. Лен. высш. инж. морск. уч. вып. 1, 1955.

5. Эйгенсон М. С., Гневышев М. Н., Оль А. И., Рубашев Б. М. Солнечная активность и ее земные проявления. ОГИЗ, 1948.

И. В. МАКСИМОВ

К ИЗУЧЕНИЮ СВОБОДНЫХ И ВЫНУЖДЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ПОЛЮСА ЗЕМЛИ

Исследования свободных и вынужденных колебаний мгновенной оси вращения Земли составили за последние пятьдесят лет обширную главу геофизики. Этому вопросу были посвящены многочисленные работы как советских, так и зарубежных исследователей. В результате в настоящее время основные особенности нутационных движений оси вращения Земли могут считаться выясненными. Особенно большой вклад в разработку этой проблемы был внесен работами советских ученых А. Я. Орлова и Е. П. Федорова [5, 9 11]. За рубежом интересны последние работы П. Мельхиора [14, 15]. Сводки современного состояния знаний по этой проблеме имеются в работах Е. Пржиблока [17], Л. Поллака [16], В. Ламберта [13] и К. А. Куликова [3].

Несмотря, однако, на большое внимание к указанной проблеме, некоторые связанные с нею вопросы остаются неясными и до настоящего времени. Так, например, неясен вопрос об изменениях эллиптичности свободных движений полюса Земли, об изменениях размеров вынужденных движений полюса Земли и связи их с процессами, протекающими в атмосфере и океанах, а также некоторые другие вопросы. В то же время опубликованные недавно А. Я. Орловым прекрасные данные, характеризующие истинные движения полюса Земли, позволяют вновь сделать попытку хотя бы частично выяснить эти вопросы. Результаты такой попытки и излагаются в настоящей статье.

Исходные данные и их анализ

Исследование свободных и вынужденных колебаний мгновенной оси вращения Земли было выполнено нами на основании анализа координат мгновенного полюса Земли x_0 и y_0 за время с 1892 по 1940 г., опубликованных А. Я. Орловым в 1941 г. [7, 8]. При изучении движений полюса Земли данные широтных наблюдений вводились в анализ отдельными семилетними рядами при следующей разбивке этих рядов по годам: 1892—1898, 1894—1900..... 1930—1936. Каждый семилетний ряд широтных наблюдений был сдвинут, таким образом, относительно предыдущего на два года, а всего использованными данными был освещен период с 1892 по 1936 г. Каждый из выбранных рядов той или иной составляющей мгновенного полюса вращения Земли подвергался анализу дважды: один раз для исклю-

чения 12-месячных и вычисления 14-месячных колебаний, другой раз, наоборот, — для исключения 14-месячных и вычисления 12-месячных колебаний.

Расчленение 12-месячных и 14-месячных колебаний каждого из компонентов истинного движения полюса Земли осуществлялось способом, аналогичным известному приему, использованному Дж. Дарвиным для разделения ординат полусуточной солнечной и лунной составляющих волн прилива и основанному на разности угловых скоростей этих волн. В нашем случае, т. е. при расчленении 12-месячной и 14-месячной волны, разделение

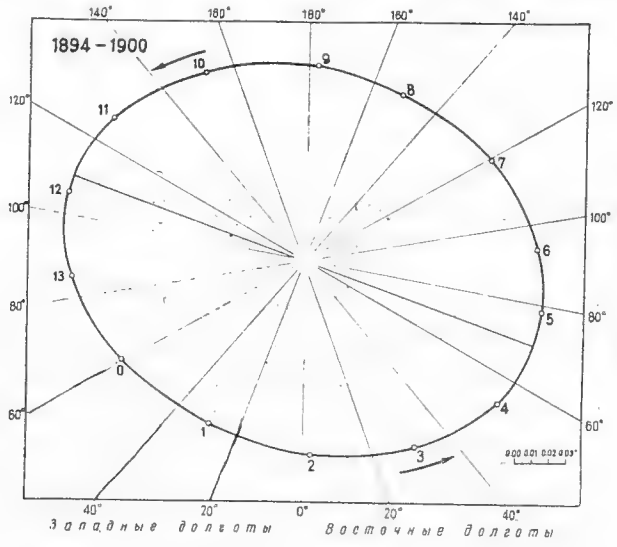

Рис. 1. Средний эллипс свободных 14-месячных движений мгновенного полюса вращения Земли за время с 1894 по 1900 г.

ординат этих волн возможно только при продолжительности ряда, кратной семи годам. Этим и объясняется принятая семилетняя продолжительность рядов широтных наблюдений, введенная в анализ. Амплитуды и фазы 12-месячных и 14-месячных компонент координат полюса Земли вычислялись по найденным раздельным значениям их ординат обычным гармоническим путем. В результате были вычислены средние для каждого семилетия значения амплитуды и фазы 12-месячных и 14-месячных колебаний координат мгновенного полюса вращения Земли $x_0 y_0$ (φ_x, R_x φ_y, R_y). Полученные данные использовались для построения средних за каждые семь лет эллипсов свободного и вынужденного движений полюса вращения Земли. Примеры таких эллипсов изображены на рис. 1 и 2.

Далее, для каждого семилетия — отдельно для свободных и вынужденных движений полюса Земли — вычислялись: фаза наибольшего отклонения мгновенного полюса вращения Земли от своего среднего положения (τ^m), направление большой оси эллипса (γ°), размеры большой полуоси эллипса (V_{max}), размеры малой полуоси эллипса (V_{min}) и отношение большой полуоси эллипса к его малой полуоси (η). Результаты таких вычислений приведены в табл. 1 и 2 (стр. 76, 77). Кроме того, были вычислены средние за каждые семь лет значения периода свободных колебаний оси вращения Земли. Для этого по данным каждого семилетия вычислялось среднее значение фазы (в месяцах) прохождения радиусом-вектором полюса Земли

меридиана Гринвича ($\tau_{гр}$). От одного семилетия к другому значение фазы возрастало примерно на четыре месяца при сдвиге каждого ряда относительно предыдущего, равном двум годам.

Годовое увеличение этой фазы, естественно, показывает, насколько продолжительность периода свободных колебаний оси вращения Земли больше продолжительности года. Это и послужило основанием для вычисления средних за каждые семь лет значений периода свободных колебаний

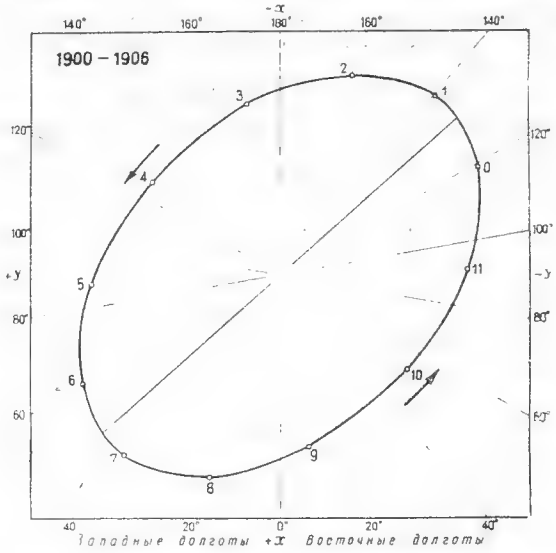

Рис. 2. Средний эллипс вынужденных годовых движений мгновенного полюса вращения Земли за время с 1900 по 1906 г.

оси вращения Земли. Результаты вычислений приведены в табл. 3. (стр.78) Полученные данные несколько дополняют характеристику свободных и вынужденных колебаний мгновенной оси вращения Земли, данную ранее в работах А. Я. Орлова и других исследователей.

Свободные движения полюса Земли

Анализ широтных наблюдений позволяет отметить следующие особенности свободных колебаний оси вращения Земли.

1. Данные вычислений еще раз показывают, что свободные колебания оси вращения Земли представляют собой явление переменное. Период и амплитуда колебания испытывали за время наблюдений значительные изменения. Размеры большой полуоси эллипса свободных движений полюса Земли изменялись за время с 1892 по 1936 г. в пределах от 0,05 до 0,″21; период этих колебаний изменялся за то же время от 406,9 до 438,6 суток. В среднем за все время наблюдений размеры большой полуоси эллипса свободных движений полюса Земли оказались равными 0,″13, а период этих движений — 427,4 суток. Данные эти, как известно, весьма близки к результатам прежних определений средней величины периода и размеров свободных движений мгновенного полюса вращения Земли. Изменения по времени размеров и периода свободных движений полюса Земли изображены на рис. 3 и 4. Здесь же приведены значения амплитуды и периода свободных движений полюса Земли, вычисленные по гармоническим формулам П. Мельхиора [15]. Сопоставление данных наших вычислений с ре-

зультатами вычислений по формулам П. Мельхиора показывает, что последние, достаточно полно выражая изменения по времени размеров свободных движений полюса Земли, период этих движений изображают в слишком общей и неточной форме. Это следует иметь в виду при использовании указанных формул для предвычисления основных элементов свободных движений полюса Земли.

Таблица 1

Элементы средних эллипсов свободных движений полюса Земли с 1892 по 1936 г.

(амплитуды R_x и R_y и полуоси эллипсов V_{max} и V_{min} даны в сотых долях дуговой секунды)

Годы	φ_x	R_x	φ_y	R_y	τ^m (месяцы)	γ° E	V_{max}	V_{min}	η	$\eta_{сгл}$
1892—1898	282°	11,7	208°	12,7	2,2	127°	13,8	10,4	1,33	1,31
1894—1900	59	11,4	319	13,9	4,8	70	14,4	11,2	1,28	1,24
1896—1902	175	12,8	83	13,3	9,3	66	13,4	12,7	1,06	1,12
1898—1904	286	12,9	199	13,2	1,9	128	13,4	12,5	1,07	1,06
1900—1906	33	12,6	304	12,8	5,6	119	12,9	12,4	1,04	1,05
1902—1908	144	14,8	55	15,3	8,8	89	15,3	14,7	1,04	1,04
1904—1910	256	18,3	166	17,5	0,5	90	18,3	17,8	1,03	1,04
1906—1912	5	20,2	274	20,9	3,1	76	21,2	20,0	1,06	1,04
1908—1914	122	20,1	33	20,4	9,7	134	20,2	19,9	1,02	1,04
1910—1916	245	18,6	153	18,8	11,2	43	19,2	18,5	1,04	1,04
1912—1918	4	16,7	270	16,2	1,6	40	17,0	15,7	1,08	1,07
1914—1920	125	14,9	34	13,9	5,2	8	15,0	14,0	1,07	1,07
1916—1922	236	12,6	143	12,3	10,3	30	13,0	12,1	1,07	1,06
1918—1924	348	10,7	257	10,8	1,6	54	10,9	10,5	1,04	1,07
1920—1926	92	8,6	355	8,8	5,5	54	9,2	8,2	1,12	1,14
1922—1928	177	6,7	76	5,9	7,8	28	7,1	5,5	1,29	1,24
1924—1930	237	5,7	142	4,7	9,7	16	5,8	4,6	1,26	1,27
1926—1932	313	7,0	215	6,4	12,6	14	7,0	5,5	1,27	1,22
1928—1934	37	7,1	303	7,2	3,1	48	7,5	6,8	1,10	1,14
1930—1936	139	7,6	47	7,0	5,6	6	7,6	7,0	1,08	1,09
Средние	—	—	—	—	—	62°	13,1	12,0	1,12	—

В 1916 г. Р. Шуман [18] высказал предположение о зависимости данного явления от многолетних вариаций приливообразующей силы Луны. Основным компонентом многолетней части этой силы является, как известно, компонент, имеющий периодичность, равную 18,61 года. Многолетние изменения размеров амплитуды и периода свободных колебаний оси вращения Земли такой закономерности, как это видно на приводимых рисунках, не обнаруживают. В последнее время П. Мельхиор рассматривал изменения свободных движений полюса в связи с изменениями скорости вращения Земли [15]. Отчетливой связи между этими явлениями он не нашел. Наши данные также не показывают зависимости между многолетними изменениями амплитуды и периода свободных движений полюса

Земли и многолетними изменениями скорости вращения Земли. Таким образом, причины многолетних изменений свободных движений полюса Земли пока не выяснены.

2. Вопрос об эллиптичности свободных движений полюса Земли долгое время оставался неясным. Еще и сейчас в некоторых работах это движение называется круговым. В то же время еще в 1934 г. А. Я. Орловым [5] было

Таблица 2

Элементы средних эллипсов вынужденных движений полюса Земли с 1892 по 1936 г.

(амплитуды R_x и R_y и полуоси эллипсов V_{max} и V_{min} даны в сотых долях дуговой секунды)

Годы	φ_x	R_x	φ_y	R_y	τ^m (месяцы)	$\gamma°$	V_{max}	V_{min}	τ_1	$\tau_{сгл}$
1892—1898	263°	10,5	159°	5,1	8,9	10°E	10,1	4,9	2,06	2,11
1894—1900	262	6,1	153	3,0	8,9	8	6,2	2,8	2,21	1,97
1896—1902	240	7,1	132	5,9	9,3	26	7,6	5,4	1,41	1,55
1898—1904	247	7,7	157	6,7	8,1	2°W	7,6	6,6	1,15	1,23
1900—1906	238	5,9	159	5,7	6,5	48	6,3	5,2	1,21	1,23
1902—1908	217	6,0	139	4,9	6,6	20	6,3	4,7	1,34	1,29
1904—1910	224	9,7	141	7,9	7,1	16	9,9	7,8	1,27	1,29
1906—1912	239	8,7	158	7,3	7,3	22	9,0	7,0	1,28	1,24
1908—1914	211	8,7	129	8,4	6,0	36	9,2	8,0	1,15	1,24
1910—1916	240	11,8	139	9,0	8,5	20°E	12,0	8,8	1,36	1,24
1912—1918	244	7,7	149	7,6	9,5	35	8,0	7,2	1,11	1,32
1914—1920	265	9,5	127	10,4	9,4	50	12,1	7,2	1,68	1,54
1916—1922	242	11,5	131	9,7	8,9	32	12,5	7,4	1,69	1,64
1918—1924	239	8,7	128	7,3	8,7	30	9,5	6,3	1,51	1,52
1920—1926	237	10,0	134	8,4	8,6	26	10,5	7,8	1,35	1,38
1922—1928	246	8,9	162	6,9	7,9	8°W	8,9	6,7	1,33	1,28
1924—1930	233	5,1	146	4,6	7,3	14	5,1	4,6	1,11	1,19
1926—1932	223	8,5	130	6,8	7,7	5°E	8,3	6,8	1,22	1,25
1928—1934	233	10,4	143	7,3	7,8	0°	10,5	7,3	1,44	1,42
1930—1936	234	10,0	150	6,4	7,6	8	10,0	6,3	1,59	1,54
Средние	—	—	—	—	8,0	3°E	9,0	6,4	1,45	—

показано, что свободные движения полюса Земли имеют не круговой, а эллиптический характер. Наши данные также подтверждают слабо эллиптический характер свободных движений полюса Земли. Отношение большой оси эллипса свободных движений полюса Земли к его малой оси за время с 1892 по 1936 г. в среднем оказалось равным 1,12.

Изучение траектории свободных движений полюса Земли представляет особый интерес, так как непосредственно связано с вопросом о неравенстве экваториальных осей Земли. Согласно теории свободных движений полюса Земли большая ось эллиптического пути мгновенного полюса вращения Земли в свободном его движении должна лежать в плоскости наименьшего

экваториального радиуса Земли. Изучение свободных движений полюса Земли, как было указано еще В. Ламбертом [13], может быть полезно для изучения фигуры Земли.

В этой связи рассмотрим данные, характеризующие направление большой оси эллипса свободных движений полюса вращения Земли. Направление большой оси этого эллипса приведено в табл. 1 и, кроме того, для отдельных периодов показано на рис. 5. Из приведенных данных следует, что

Таблица 3

Средние значения периода свободных движений полюса Земли с 1892 по 1936 г.

Годы	$\tau_{гр}$	$\frac{\Delta\tau_{гр}}{2}$	T (дни)	T (годы)	Средний год
1892—1898	11,59				
		2,17	431,004	1,181	1896
1894—1900	1,93				
		2,38	437,392	1,198	1898
1896—1902	6,70				
		2,26	433,472	1,188	1900
1898—1904	11,23				
		2,05	427,354	1,171	1902
1900—1906	1,38				
		2,16	430,700	1,180	1904
1902—1908	5,64				
		2,16	430,700	1,180	1906
1904—1910	9,95				
		2.11	429,179	1,176	1908
1906—1912	0,17				
		2,28	434,350	1,190	1910
1908—1914	4,74				
		2,30	434,958	1,192	1912
1910—1916	9,33				
		2,34	436,175	1,195	1914
1912—1918	14,00				
		2,42	438,608	1,202	1916
1914—1920	4,84				
		2,11	429,179	1,176	1918
1916—1922	9,07				
		2,22	432,525	1,185	1920
1918—1924	13,50				
		1,90	422,792	1,158	1922
1920—1926	3,30				
		1,52	411,233	1,127	1924
1922—1928	6,33				
		1,38	406,975	1,115	1926
1924—1930	9,09				
		1,38	406,975	1,115	1928
1926—1932	11,86				
		1,68	416,100	1,140	1930
1928—1934	1,21				
		2,06	427,658	1,172	1932
1930—1936	5,33				
1892—1936	—	2,05	427,354	1,171	—

Примечание. $\tau_{гр}$ — фаза в (месяцах) момента прохождения радиуса-вектора полюса Земли через меридиан Гринвича; T — период свободных колебаний мгновенной оси вращения Земли.

в среднем за время с 1892 по 1936 г. большая ось эллипса свободных движений полюса Земли была направлена по меридиану 62°E [4], Это свидетельствует о том, что наибольшее сжатие Земли, т. е. наибольший экваториальный радиус Земли, расположен в плоскости меридиана 28°W. Такой результат соответствует данным гравиметрических определений долготы наибольшего сжатия Земли. Так, по этим данным, долготы наибольшего сжатия Земли были ранее найдены равными [2]:

Гельмерт (1915 г.)	17°W
Хейсканен (1938 г.)	25
Хирвонен (1934 г.)	18
Нисканен (1945 г.)	4
Жонголович (1952 г.).	8

По данным о движениях полюса Земли, как уже было указано, та же долгота была найдена равной 28°W. Такое соответствие долгот при столь различных способах их определения нельзя не признать хорошим.

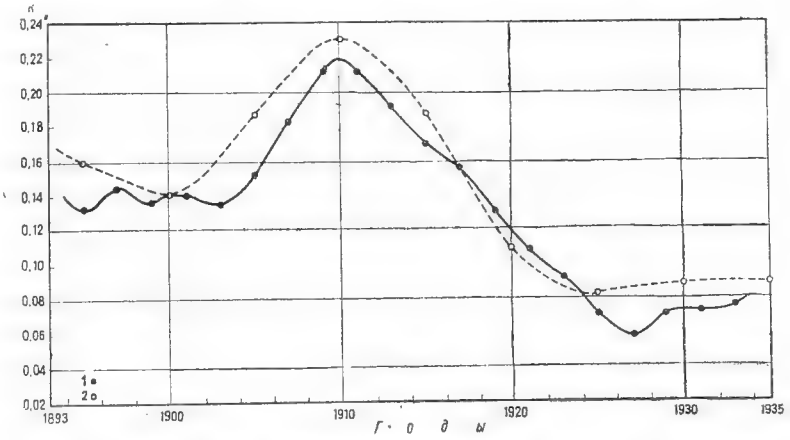

Рис. 3. Изменения размеров большой оси эллипса свободных движений мгновенного полюса вращения Земли с 1892 по 1936 г.
1 — средние значения большой оси эллипса свободных движений полюса Земли; *2* — средние значения амплитуды свободных движений полюса Земли (по данным П. Мельхиора).

3. Эллиптичность свободных движений полюса Земли оказалась, по данным анализа широтных наблюдений, переменной. Отношение большой оси эллипса свободных движений полюса Земли к его малой оси изменялось с 1892 по 1936 г. от 1,02 до 1,33. Направление большой оси этого эллипса колебалось за то же время от 6 до 127°E. При этом в среднем за время наблюдений направление большой оси эллипса свободных движений полюса Земли смещалось в направлении с востока на запад. За время с 1894—1908 и по 1922—1936 гг. среднее значение меридиана этой оси изменилось от 100 до 20°E, т. е. на 80° долготы. Такое смещение большой оси эллипса свободных движений полюса Земли считать случайностью нельзя, и надо признать, что имеются какие-то закономерные причины, способные существенно изменять эллиптичность свободных движений полюса вращения Земли. Ранее уже было указано, что изменения по времени размеров и периода свободных движений полюса Земли не обнаруживают видимой связи с изменениями скорости вращения Земли. Однако изменения эллиптичности этих движений, как показано на рис. 6, происходили в общем одновременно с изменениями длины суток.

Обсуждая вопрос о причинах многолетних изменений эллиптичности свободных движений полюса вращения Земли, можно высказать предполо-

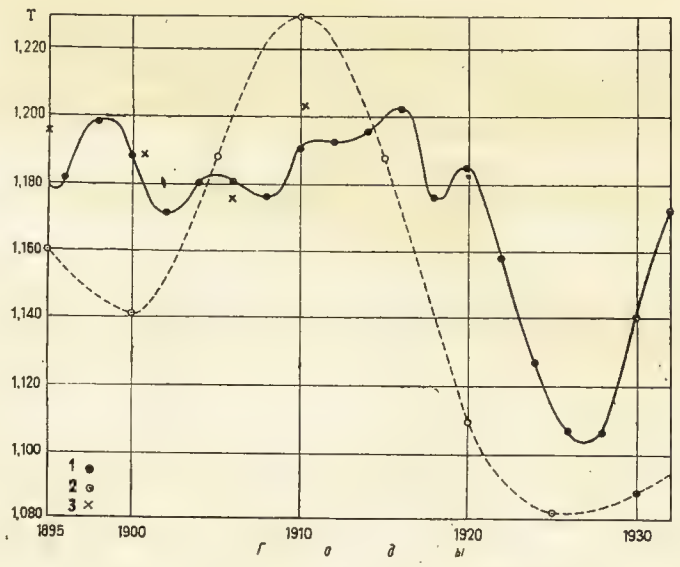

Рис. 4. Изменения периода свободных движений мгновенного полюса вращения Земли с 1892 по 1936 г.

1 — средние значения периода свободных движений полюса Земли по данным анализа семилетних рядов широтных наблюдений; *2* — средние значения периода свободных движений полюса Земли по формуле П. Мельхиора; *3* — средние значения периода свободных движений полюса Земли по формуле Кимуры (1918 г.).

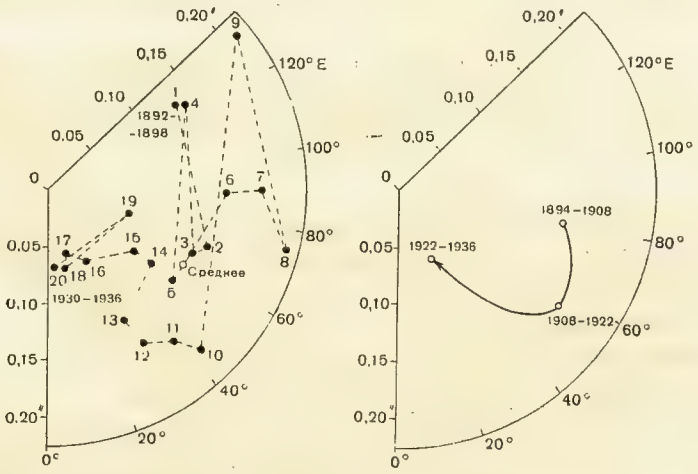

Рис. 5. Изменения направления большой оси эллипса свободных 14-месячных движений мгновенного полюса вращения Земли с 1892 по 1936 г.

В левой части рисунка точками обозначены концы векторов, выражающих восточную половину большой оси эллипса свободных движений полюса вращения Земли в среднем за каждые семь лет, со сдвигом каждого семилетнего ряда относительно предыдущего на два года. В правой части рисунка положение большой оси эллипса свободных движений полюса вращения Земли показано в среднем для 1894—1908, 1908—1922 и 1922—1936 гг.

жение о переменном характере ее сжатия. Земля тогда должна рассматриваться в качестве слабо пульсирующего тела, а величина ее наибольшего сжатия и меридиан этого сжатия — в качестве переменных величин. Общей причиной таких изменений фигуры Земли, возможно, являлись изменения скорости ее вращения.

Вынужденные движения полюса Земли

Результаты выполненного исследования позволяют дать следующую характеристику вынужденных, т. е. годовых, колебаний мгновенной оси вращения Земли.

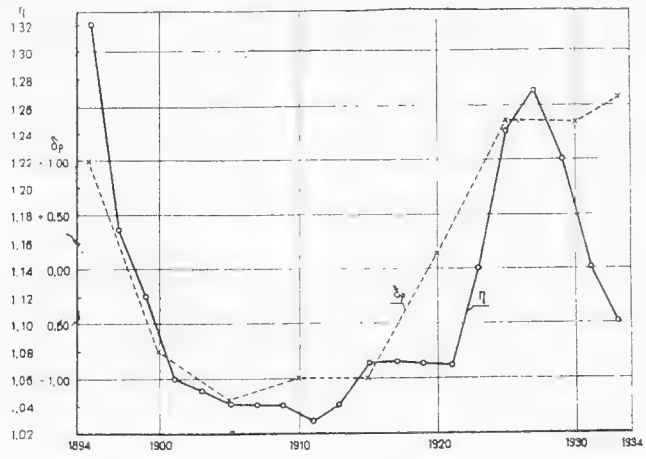

Рис. 6. Сопоставление эллиптичности свободных движений мгновенного полюса вращения Земли (η) с изменением длины суток (в секундах) за один год ($\delta\rho$).

1. Вынужденные колебания мгновенного полюса вращения Земли, так же как и свободные колебания, подвержены непрерывным изменениям. В ходе этих изменений размеры большой полуоси эллипса годовых движений мгновенного полюса вращения Земли изменялись от 0,05 до 0,″12, а в среднем за время с 1892 по 1936 г. оказались равными 0,″09, т. е. были значительно меньше размеров большой полуоси эллипса свободных движений полюса Земли.

2. Вынужденные движения мгновенного полюса вращения Земли имеют, как уже давно было установлено, эллиптический характер. Однако эллиптичность этого движения не является постоянной. Так, за время с 1892 по 1936 г. отношение большой оси эллипса вынужденных движений полюса Земли к его малой оси изменялось в пределах от 1,11 до 2,21 и в среднем составило 1,45. Это показывает, что временами вынужденные движения полюса Земли происходили почти по кругу, а временами — по весьма вытянутому эллипсу. Направление большой оси этого эллипса также значительно изменялось. Так, за время наблюдений направление указанной оси изменялось от 48°W до 50°E. В среднем с 1892 по 1936 г. большая ось была расположена в плоскости меридиана 3°E. Изменения в положении этой оси изображены на рис. 7.

Полученные данные, таким образом, не подтверждают выводов П. Мельхиора [14], считавшего, что большая ось эллипса вынужденных движений полюса Земли не меняет своего направления и всегда расположена в плоскости меридиана 30°W. Однако наши результаты полностью соответствуют данным Г. Джефриса [12] и А. Я. Орлова [7]. Первый из них нашел, что

большая ось этого эллипса за время наблюдений была расположена в плоскости меридиана 0°, а второй — в плоскости меридиана 7°W. Произведенные ранее определения этого меридиана выполнены по более коротким

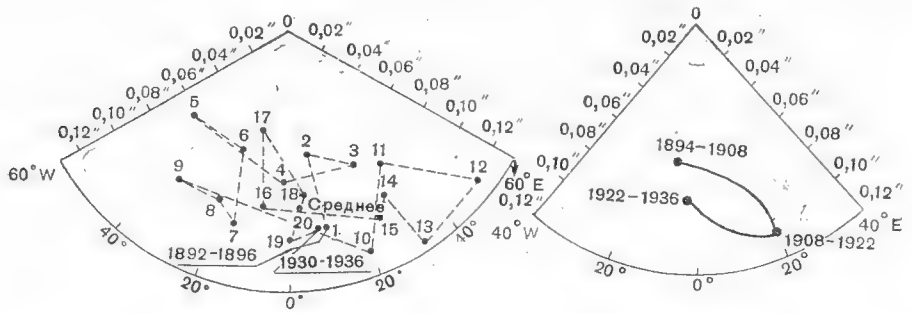

Рис. 7. Изменения направления большой оси эллипса вынужденных годовых движений мгновенного полюса вращения Земли с 1892 по 1936 г.

рядам широтных наблюдений и потому не дают сравнимых результатов. Значительно менялось также и время прохождения мгновенного полюса вращения Земли через большую ось его эллипса. В среднем мгновенный полюс вращения Земли в годичном движении проходит через точки своего

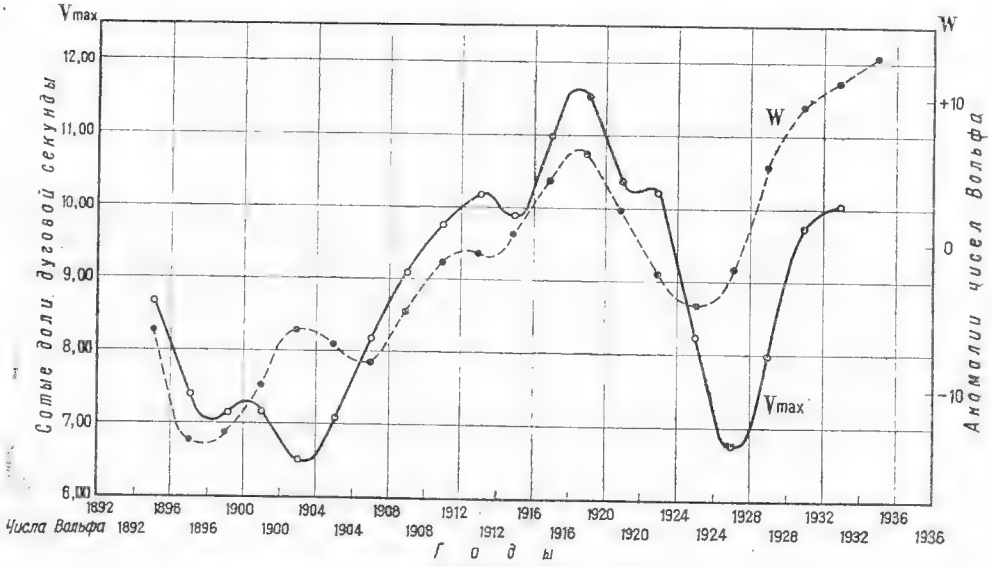

Рис. 8. Изменения средних значений большой оси эллипса вынужденных движений полюса Земли в сопоставлении со средними за каждые одиннадцать лет значениями чисел Вольфа.

наибольшего удаления от среднего полюса (концы большой оси эллипса вынужденных движений полюса) в первых числах февраля и августа. Однако в отдельные периоды эти моменты наступали как на полтора месяца ранее, так и на полтора месяца позднее указанных сроков. Изложенное в целом показывает, что вынужденные колебания мгновенной оси вращения Земли подвержены непрерывным изменениям и из года в год отличаются всеми своими основными характеристиками.

3. Основной причиной вынужденных колебаний мгновенной оси вращения Земли являются, как указано в работах Н. Л. Бызовой [1], А. Янга [19] и Н. Н. Парийского [10], сезонные изменения воздухообмена между материками и океанами Земли. Исходя из этого, можно было предполагать, что в эпоху потепления Арктики, когда масштабы воздухообмена между океанами и материками значительно возросли, должны были возрасти и размеры вынужденных движений полюса Земли. Это и показали результаты анализа широтных наблюдений. Начиная с 1904 г., большая ось эллипса вынужденных движений полюса Земли в среднем стала заметно увеличиваться, причем увеличение продолжалось до 1920 г. Затем размеры вынужденных движений полюса Земли уменьшились и вновь стали возрастать после 1928 г. В общем именно так изменялись за это время и основные показатели климата высоких широт Земли.

Интересно, в частности, сопоставить вынужденные движения полюса Земли с показателями солнечной деятельности. На рис. 8 размеры вынужденных движений оси вращения Земли сопоставлены со средними значениями чисел Вольфа. Близкий в общем характер изменений по времени рассмотренных характеристик очевиден. Это, впрочем, и понятно, так как именно изменения солнечной деятельности и являются основной причиной многолетних изменений климата и, в частности, изменений воздухообмена между океанами и материками Земли. Сказанное дает основание предполагать, что многолетние и вековые изменения вынужденных движений оси вращения Земли должны подчиняться общим закономерностям, известным теперь для многолетних изменений солнечной деятельности. Это означает, что в ближайшие годы, в связи с общим уменьшением средней напряженности солнечной деятельности, следует ожидать и уменьшения средних размеров вынужденных движений полюса Земли.

Поступила 25/X 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бызова Н. Л. Влияние сезонного переноса масс воздуха на движение земной оси. Докл. Акад. наук СССР, 58, № 3, 393, 1947.

2. Жонголович И. Д. Внешнее гравитационное поле Земли и фундаментальные постоянные, связанные с ним. Труды Инст. теорет. астрон. Акад. наук СССР т. 3, 1952.

3. Куликов К. А. 50 лет Международной службы широты. Труды Второй всесоюзн. широтн. конфер. Изд. Акад. наук УССР, Киев, 1950.

4. Максимов И. В. Нутационная циркумполярная волна «полюсного прилива» в атмосфере Земли. Докл. Акад. наук СССР, 100, № 1, 49—52, 1955.

5. Орлов А. Я. О трехосности эллипсоида инерции Земли по наблюдениям широты. Докл. 7 конф. Балтийск. геодезич. ком., вып. 2, 1934.

6. Орлов А. Я. О полюсе и его движениях. Журн. «Мироведение», 26, № 4, 1937.

7. Орлов А. Я. Движение мгновенного полюса Земли относительно среднего полюса за 46 лет, с 1892 по 1938 год. Бюлл. Гос. астрон. инст. им. Штернберга при МГУ, № 5—8, 1941.

8. Орлов А. Я. Движения полюса с 1891, 5 по 1940,0. Докл. Акад. наук СССР, 37, № 9, 304—309, 1942.

9. Орлов А. Я. О среднем годовом движении главных осей Земли. Докл. Акад. наук СССР, 51, № 7, 507—508, 1946.

10. Парийский Н. Н. О влиянии атмосферной циркуляции на движения полюса Земли. Астрон. циркуляр, № 152, 1954.

11. Федоров Е. П. Основы современной теории движения земных полюсов. Труды Полтавской гравиметрич. обсерв., т. 2, вып. 3, 1948.

12. Jeffreys H. The variation of Latitude. Monthly Notices, vol. 100, 1940.

13. Lambert W. D., Schlesinger F., Brown E. W. The variation of Latitude. Bull. of the Nat. Res. Counc., № 78, the Nat. Acad. of Sc., Washington, 1931.

14. Melchior P. Sur l'analyse du mouvement du Pôle à la surface de la Terre. Bull. de la classe des Sciences, Acad. Royale de Belgique, vol. XXXIV, № 3, Bruxelles, 1948.

15. Melchior P. Sur les fluctuations à longue période de la vitesse de rotation de la Terre et les caracteristiques du mouvement chandlerin du Pôle. Bull. de la classe des Sciences, Acad. Royale de Belgique, vol. XXXVIII, № 7, Bruxelles 1952.

16. Pollak L. Das Periodogramm der Polbewegung. Gerbands Beitr. Geoph., bd. 16(108), 1927.

17. Przybyllok E. Über den gegenwärtigen Stand unseres Kentnisse von der Polhöhenschwankungen. Vierteljahrsschr. d. Astr. Ges., 1919.

18. Schumann R. Über Gezeitenerscheinungen in den Schwankungen der Stationspolhöhen. Denkschr. d. Keis. Akad. Wiss. in Wien, bd. 89, Wien, 1914.

19. Young A. The contribution of the Seasonal mouvements of air masses to the variation of latitude. Bull. de la classe des Sciences, Acad. Royale de Belgique, vol. XXXVIII, № 8—9, Bruxelles, 1952.

А. П. НИКОЛЬСКИЙ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СУТОЧНОГО ХОДА ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ

В настоящее время установлено, что полярные сияния возникают в результате проникновения потоков солнечных корпускул в верхние слои земной атмосферы. Одновременно с полярными сияниями появляются магнитные возмущения и нарушения в нормальной структуре ионосферы. Кроме того, известно, что интенсивные полярные сияния сопровождаются заметным ухудшением условий коротковолновой радиосвязи, вплоть до полного ее прекращения. В связи с этим изучение полярных сияний имеет большое научное и практическое значение.

Исследования, проводившиеся в течение многих лет как советскими, так и зарубежными геофизиками, позволили установить, что частота появления полярных сияний и их интенсивность в течение суток не остается постоянной. Выяснено, что на геомагнитных широтах $\Phi = 64 - 68^\circ$ есть два интервала в суточном ходе полярных сияний, когда они наиболее часты и интенсивны, т. е. имеются два максимума. Весьма отчетливо это видно по данным наблюдений на таких полярных станциях как Годхоб, Кингуа-Фиорд и о. Уединения в Арктике, а также мыс Денисон в Антарктике (рис. 1). Из рис. 1 хорошо видно, что один из максимумов приходится на предполуночные часы, тогда как другой появляется утром.

Из сопоставления полярных сияний и магнитных возмущений установлено, что оба эти явления тесно связаны. В частности, из наблюдений на станциях, расположенных в больших пределах геомагнитных широт ($\Phi \cong 60 - 70^\circ$), найдено, что ночной максимум полярных сияний тесно связан с ночным максимумом магнитных возмущений. Этим самым подтверждается и известная общность их природы. Несмотря на то, что наличие второго, утреннего, максимума в суточном ходе полярных сияний было обнаружено на станциях Годхоб и Кингуа-Фиорд еще по наблюдениям Первого международного полярного года в 1882/83 г., его связь с магнитными возмущениями до сих пор оставалась недостаточно ясной.

Широкое развитие научных исследований в Арктике, начатое в Советском Союзе и, в частности, изучение таких геофизических явлений, как магнитные возмущения и полярные сияния, позволило получить новые данные, анализ которых помог внести большую ясность в вопрос о закономерностях утренних полярных сияний и их связи с другими геофизическими явлениями.

Анализ магнитных наблюдений на 30 арктических станциях позволил выяснить закономерности географического распределения утренних маг-

нитных возмущений в высоких широтах. Для решения этой задачи весьма ценными оказались результаты магнитных наблюдений, выполненные Высокоширотными воздушными экспедициями и дрейфующими станциями в 1948—1955 гг. Было показано [2, 3, 4], что линии одновременного появления максимума утренних магнитных возмущений, отнесенные к часам всемирного времени, представляют собой систему спиралей, выходящих из полюса однородного намагничивания Земли (рис. 2).

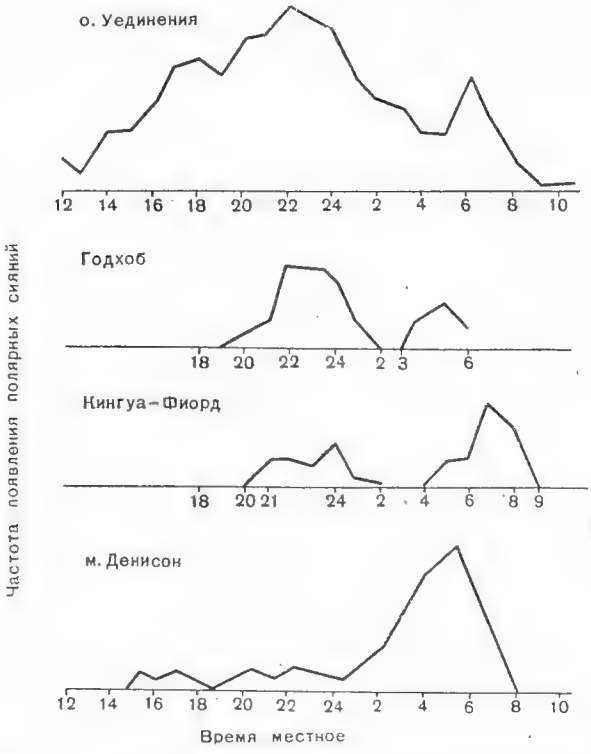

Рис. 1. Суточный ход частоты появления зенитных форм полярных сияний на различных станциях Арктики и Антарктики (на о. Уединения — всех форм сияний).

С. И. Исаевым [1] проанализированы материалы наблюдений полярных сияний в отношении их суточного хода и показано, что географическое распределение утренних магнитных возмущений хорошо согласуется с особенностями географического распределения утренних полярных сияний. Обнаруженные при этом некоторые несоответствия невелики, и, по мнению автора, их можно отнести за счет того, что наступление полярного дня не давало возможности установить точное время максимальной повторяемости утренних полярных сияний. С. И. Исаев высказал предположение о том, что закономерности географического распределения утренних магнитных возмущений и утренних сияний аналогичны. Однако для убедительности этих важных выводов требовались дополнительные независимые подтверждения. Такие подтверждения были найдены в результатах исследования ионосферных возмущений и наблюдениях полярных сияний с помощью радиолокаторов.

Аги [5], Кокс и Дэвис [6] в статьях, посвященных исследованию ионосферных возмущений в высоких широтах, приводят данные о суточном ходе

частоты появления аномально высокого поглощения радиоволн в ионосфере (radio-blackouts).

Авторами этих работ были рассмотрены в общей сложности материалы наблюдений 20 ионосферных станций. Проведенный нами анализ этих данных показал, что время наибольшей посторяемости аномального поглощения на 16 из 20 указанных ионосферных станций совпадает с точностью до $\pm 0{,}5$ часа со временем, которое соответствует спирали (рис. 2), проходящей через этот географический пункт. Несколько менее хорошее совпадение (до ± 2 час.) наблюдается для станций, расположенных в зоне максимальной повторяемости и интенсивности полярных сияний.

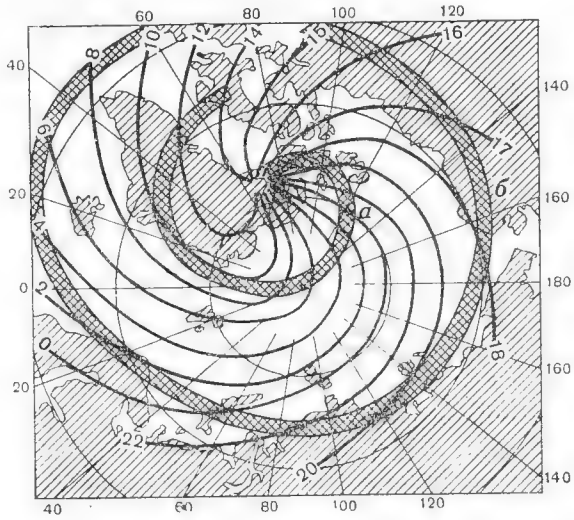

Рис. 2. Схема одновременного появления максимума утренних магнитных возмущений
(цифры у изолиний — часы мирового времени).
а — вторая зона полярных сияний; *б* — первая зона полярных сияний.

Спирали (рис. 2) были построены для западного полушария по данным о магнитной возмущенности только до $\Phi = 60°$. Привлечение упомянутых ионосферных данных, которые в большей своей части относились к станциям, расположенным в западном полушарии и в более южных широтах, позволило уверенно экстраполировать изолинии в западном полушарии до более низких широт, примерно, до $\Phi = 50 — 52°$. Экстраполированная система изолиний представлена на рис. 3.

Так как выяснение вопроса о том, насколько эта система изолиний соответствует действительности, имеет большое теоретическое значение для выяснения природы явлений, вызываемых вторжениями солнечных корпускул в земную атмосферу, любые дополнительные доказательства сделанных выводов очень существенны. Такие доказательства были найдены, в частности, в результатах наблюдений полярных сияний с помощью радиолокатора. Букер и Гартлейн [7] приводят данные наблюдений полярных сияний, проводившихся в городе Итаке (США), расположенном на геомагнитной широте $\Phi = 54°$. Кайзер и Бэллаф [8] исследовали радиоотражения от полярных сияний в Джодрел Бэнк (Англия) на геомагнитной широте $\Phi = 56°{,}7$.

Авторами первой работы, помимо подробного анализа результатов наблюдений полярных сияний с помощью радиолокатора, рассматривались данные по приему радиосигналов, отражающихся от областей с повышен-

ной ионизацией, связанной, по мысли авторов, с возникновением полярных сияний. Сигналы от радиостанции в городе Седар Рапид, расположенном к западу от города Итаки, принимались, как правило, со стороны запада. Однако в периоды, когда активность полярных сияний возрастала, радиоволны от этих станций приходили с северо-запада. Рассмотрение геометрии распространения радиоволн в случае их отражения от ионосферных обра-

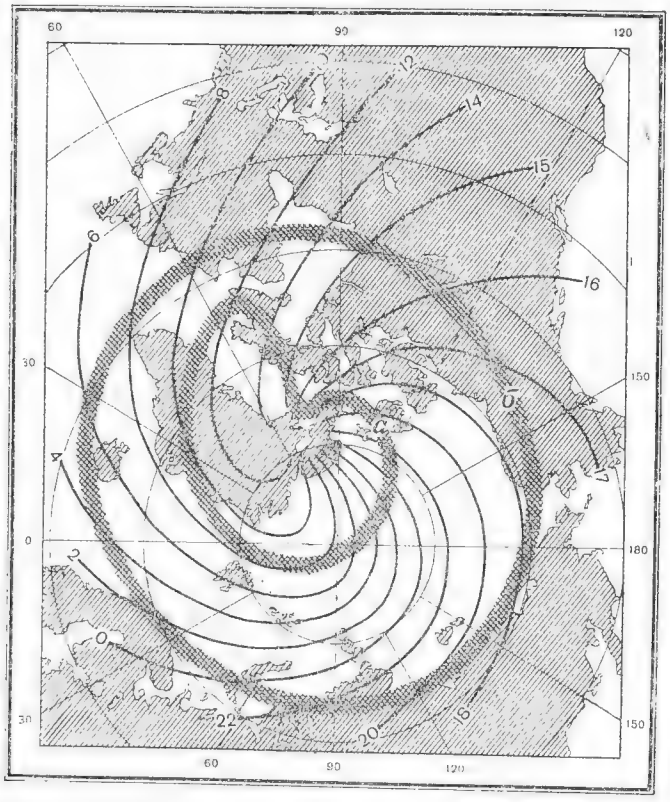

Рис. 3. Схема одновременного появления утреннего максимума магнитных возмущений и утреннего максимума аномального поглощения, экстраполированная на более низкие широты.

а — вторая зона полярных сияний; *б* — первая зона полярных сияний.

зований, связанных с полярными сияниями, приводит авторов к выводу, что эти образования должны располагаться к северо-западу от города Итаки, на геомагнитных широтах $\Phi \cong 58 - 60°$ и примерно на 85° з. д.

Из данных двухлетней непрерывной регистрации приема радиосигналов от станции в городе Седар Рапид были выбраны такие случаи, когда отражения происходили от ионизированных областей, связанных с возникновением полярных сияний. Анализ материалов показал, что повторяемость таких случаев имеет хорошо выраженный суточный ход (рис. 4). Из этого рисунка видно, что повторяемость полярных сияний в течение суток имеет два максимума — один в 18 час. и другой в 3 часа местного времени.

Во второй работе были получены следующие результаты. Отражающие области в ионосфере (отождествляемые авторами с местонахождением полярных сияний) располагались на 3°,5 к северу от Джодрел Бэнк, что соответствует геомагнитной широте $\Phi = 59,°7$. Данные обработки наблюдений позволили обнаружить хорошо выраженный суточный ход случаев отра-

жений сигналов радиолокатора от полярных сияний с максимумами около 18 и 1 часа местного времени (оно же является и всемирным временем, так как Джодрел Бэнк находится в Англии).

Рассмотрим результаты этих двух работ с точки зрения их соответствия выводам, полученным из исследования магнитных возмущений и видимых полярных сияний.

Проводившиеся до сих пор визуальные наблюдения полярных сияний на широтах $\Phi = 55 - 60^\circ$ показывают суточный ход только с одним максимумом, приходящимся на предполуночные часы. Это расхождение с данными по Итаке и Джодрел Бэнк, повидимому, объясняется тем, что возможности использования отражений сигналов радиолокатора для

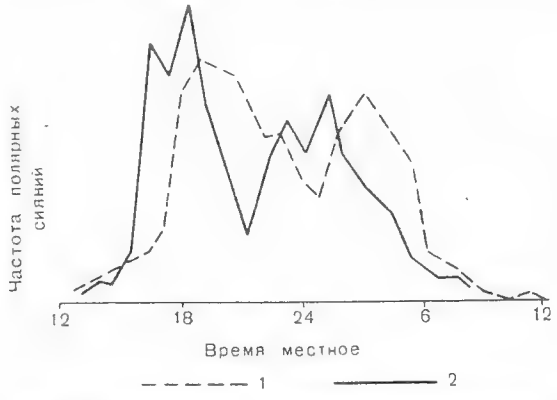

Рис. 4. Суточный ход частоты полярных сияний.
1 — в Итаке; *2* — в Джордел Бэнк.

обнаружения полярных сияний значительно шире. Указанный метод может дать нам новые дополнительные сведения о явлениях, происходящих в верхних слоях атмосферы.

Максимум частоты полярных сияний, приходящийся на 18 час. местного времени в Итаке и Джодрел Бэнк, по своей природе, вероятно, связан с тем вечерним (предполуночным) максимумом, который визуально наблюдается в суточном ходе полярных сияний практически на всех широтах. Этот максимум сияний, как известно, хорошо совпадает с вечерним (предполуночным) максимумом магнитных возмущений. Правда, его появление в Итаке и Джодрел Бэнк в 18 час. — наиболее раннее из всех известных нам данных.

Наибольший интерес, с точки зрения вопросов, рассматриваемых в настоящей статье, представляет утренний максимум полярных сияний, приходящийся в Итаке на 3 часа утра и в Джодрел Бэнк на 1—2 часа местного времени.

Из работы Букера и Гартлейна [7] следует, что образования в верхних слоях атмосферы, регистрируемые по аномальному приходу радиоволн, располагались к северо-западу от Итаки на 81—84° з. д. Следовательно, момент максимума в 3 часа по наблюдениям в Итаке соответствовал 3,5—4,0 час. местного времени на меридиане, где эти образования располагались. Учтя долготу, можно сказать, что возникновение этих образований приходится на 9—10 час. всемирного времени.

Из сравнения этого времени с данными рис. 3 видно, что через пункты, над которыми располагались полярные сияния, проходит 10—11-часовая спираль, т. е. имеется достаточно хорошее соответствие.

Рассмотрим с этой же точки зрения и наблюдения в Джодрел Бэнк. Утренние полярные сияния, наблюдавшиеся с помощью радиолокатора,

располагались на Ф = 59,°7. Их максимум приходится на 1—2 часа всемирного времени. Если проэкстраполировать спирали рис. 3 дальше на юго-запад, то окажется, что через область, в которой наблюдались полярные сияния, проходит как раз спираль, соответствующая 1—2 час. всемирного времени.

На о. Уединения (рис. 1) утренний максимум полярных сияний по местному времени приходится на 6—7 час., что соответствует 0—1 часу всемирного времени. Эти данные хорошо согласуются с тем, что через о. Уединения проходит изолиния, соответствующая 1 часу всемирного времени (рис. 3).

Из проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Утренний максимум магнитных возмущений, аномальное поглощение в ионосфере в утренние часы и утренние полярные сияния вызываются, по-видимому, солнечными корпускулами какого-то одного вида.

2. Корпускулы этой компоненты солнечного излучения проникают гораздо дальше к югу (до Ф $\cong$ 55 — 60°), чем об этом можно было судить ранее только на основании магнитных данных.

3. Области вторжения этих корпускул пересекают известную зону (зону Фритца) максимальной интенсивности и частоты полярных сияний и магнитных возмущений, не обнаруживая какой-либо явной зависимости от нее. Можно полагать, что корпускулы, вызывающие утренние магнитные возмущения и утренние полярные сияния, по своей природе отличаются от корпускул, ответственных за ночные возмущения и полярные сияния, поскольку области вторжения последних, как известно, в основном приурочены к зоне Фритца.

4. Географическое распределение утренних магнитных возмущений, значительной части случаев аномального поглощения в ионосфере и утренних полярных сияний одинаково для всех трех явлений.

Поступила 17 X 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев С. И. Полярные сияния. Природа, № 9, 1955.
2. Никольский А. П. О геомагнитных и ионосферных эффектах корпускулярного излучения Солнца в околополюсной области Арктики. Бюлл. «Солнечные данные» Главн. астроном. обсерв. Акад. наук СССР, № 6(9), 1956.
3. Никольский А. П. О второй зоне повышенной интенсивности магнитных возмущений в приполюсной области. Труды Аркт. инст., т. 83, 1956.
4. Никольский А. П. О географическом распределении магнитных возмущений в околополюсной области Арктики. Докл. Акад. наук СССР, т. 109, № 5, 1956.
5. Agy V. Geographic and temporal distribution of polar blackouts. Journ. Geophys. Research, vol. 59, № 4, 1954.
6. Cox J. and Davies K. Statistical studies of polar radio-blakouts. Canadian Journ. of Physics, vol. 32, № 12, 1954.
7. Booker H. and Gartlein C. Interpretation of radio reflection from the aurora. Journ. Geophys. Research, vol. 60, № 1, 1955.
8. Kaiser T. and Bullough K. Radio echoes from aurorae. Annal. Geophys., vol. 11, № 3, 1955.

В. В ЛАВРОВ

ЯВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ВНУТРИВОДНОГО ЛЬДА[1] КАК ПРОЦЕСС УМНОЖЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАРОДЫШЕЙ

Как известно, проблемой внутриводного льда в свое время много занимался В. Я. Альтберг [2], взгляды которого на природу этого явления известны в литературе под названием кристаллизационной теории. Хотя ни в одной из работ В. Я. Альтберга прямо не утверждается возможность самопроизвольного образования ледяных зародышей на дне и внутри потока при переохлаждении воды порядка тысячных и сотых долей градуса, тем не менее по характеру изложения и интерпретации автором опытных данных как по кристаллизации воды, так и других жидкостей можно думать, что это подразумевается. Так обычно и понимают В. Я. Альтберга. По этой линии в основном и была направлена критика его работ. Действительно, вероятность самопроизвольного образования зародышей новой фазы при температурах, весьма близких к точке перехода, ничтожно мала; что же касается стимулирующего действия на ядрообразование посторонних примесей и вообще поверхности раздела, то оно, как показывает опыт, при очень малых переохлаждениях не проявляется и пока не может быть учтено количественно. Поэтому основная трудность в проблеме внутриводного льда — вопрос о месте формирования первичных ледяных элементов (зародышей) — не была В. Я. Альтбергом преодолена.

Однако, если остановиться пока на наиболее распространенной форме внутриводного льда — форме дисков — и учесть условия их образования, а также некоторые гидрологические особенности водных потоков (рек), то, как нам кажется, можно нарисовать весьма вероятную картину этого явления. Рассмотрим сперва физическую сторону вопроса. Из наблюдений в природе и из лабораторных опытов [1, 2] установлено, что кристаллы льда в форме дисков образуются при малых переохлаждениях воды, в естественных условиях не превышающих — 0,02, — 0,°03; в лаборатории подобные кристаллы можно получать как при такого же рода температурах, так и более низких, но в последнем случае при некоторых особенностях эксперимента, обеспечивающих массовое зарождение кристаллических элементов в короткие отрезки времени (несколько секунд). Не подлежит сомнению, что форма кристалла связана с условиями и механизмом его роста. В отношении дискообразных элементов льда условия, как говори-

[1] В понятие внутриводного льда мы в равной мере вкладываем также исторически предшествовавшее ему, но не отвечающее существу явления, название „донный лед".

[2] В. Я. Альтберг в последних своих работах применял выражение «подводный лед».

лось выше, сводятся к тому, что температура воды в потоке весьма близка к точке плавления. Вопрос же о механизме роста кристаллов еще недостаточно изучен. Для понимания природы явления внутриводного льда, по нашему мнению, весьма существенную роль должно сыграть решение вопроса о причине дискообразной формы кристаллов.

По этому поводу некоторые высказывания появились в литературе только в самое последнее время. В небольшой статье, касающейся роста кристаллов льда в воде, Аракава [10] очень кратко замечает, что в принятии кристаллом круглой формы более важную роль играют внутренние условия, чем внешние, в частности существование механического давления [1] в кристалле. Комментируя статью Аракава, Глен [12] выдвигает другое объяснение. По его мнению, дело заключается в условиях отвода скрытой теплоты во время роста кристалла. Пока зародышевый элемент мал, он не имеет предпочтительного направления роста в базисной плоскости; кроме того, никаких трудностей в отводе скрытой теплоты не встречается. С увеличением же радиуса кривизны кристалла начинается задержка в отводе тепла и любые небольшие неправильности в круглой форме диска ведут к преобразованию его в дендритные формы.

Приведенные высказывания двух авторов слишком кратки, чтобы по ним можно было представить себе механизм интересующего нас явления. Помимо этого, опыт не подтверждает мысль Глена о том, что важную роль в изменении формы растущего кристалла льда играет величина радиуса кривизны. В естественных условиях кристаллы льда в форме дисков вырастают размером от 1 *мм* до нескольких сантиметров в диаметре [1], такие же образцы можно вырастить и в лаборатории. Наблюдения показали [3, 9], что форма кристаллов льда зависит от степени переохлаждения воды. В частности, дискообразные формы в нормальных условиях образуются при переохлаждении не превышающем примерно 0, 2; интенсивное перемешивание воды несколько снижает этот предел.

В связи с приведенными результатами наблюдений нам представляется, что круглую форму зародышей льда можно объяснить следующим образом. На внешней форме кристаллов, а также их внутреннем строении не может не отражаться то обстоятельство, что процесс роста кристаллов, сопровождающийся освобождением некоторой части энергии (скрытой теплоты) на границе раздела фаз, есть в известном смысле противоречивый процесс, поскольку он при весьма небольших переохлаждениях должен сопровождаться противоположным процессом — разрушением (плавлением) части кристаллической решетки как данного кристалла, так и образующихся около него новых зародышей. Образование зародышей разного «поколения» или порядка около растущего кристалла льда убедительно было показано в одной из упомянутых выше работ [2]. Об этом важном явлении в свое время говорил известный русский кристаллограф Е. С. Федоров [6], в настоящее время его наблюдал и описал А. В. Шубников [8].

Следует также считать установленным, что наиболее активными местами в кристалле для любого рода физико-химических процессов, протекающих на его поверхности, являются углы или вершины, затем ребра. Находящиеся в этих местах молекулы имеют наибольшее количество ненасыщенных связей, что должно способствовать более интенсивному ядрообразованию у оконечностей кристалла. Но одновременно указанные молекулы и наименее прочно связаны с остальными, и потому при выделении освобождающейся энергии они в первую очередь могут оказаться оторванными и снова перейдут в расплав. Тем самым шестиугольная пластинка легко приобретает округлую форму. Выделение скрытой теплоты во время фазо-

[1] Что следует под этим понимать, автор не поясняет.

преобразования может происходить только на границах формирующихся кристаллических элементов, что должно приводить к возникновению здесь температурного скачка.

Неприменимость понятия температуры к ничтожно малым объемам, а тем более к отдельным молекулам, затрудняет возможность подсчета величины изменения температуры на границе растущего кристалла. Однако такие изменения были приближенно определены экспериментально при помощи термоспая [7]. В тот момент, когда термоспай пересекался движущимся фронтом кристаллизации, температура спая резко повышалась. Из этого И. Н. Фридлендер, З. Г. Филиппова и М. С. Модель сделали вывод, что на фронте кристаллизации температура расплава весьма близка к точке плавления [1]. Учитывая относительно большие размеры термоспая, есть основание считать, что в отдельных участках микрообъемов расплава их температура должна быть выше температуры плавления. Только поэтому и возможно отделение вновь образовавшихся зародышей от материнского кристалла.

На необходимость учитывать в рассматриваемом явлении именно микрообъемы расплава указывают наши опыты [2]. Если в переохлажденную до нескольких десятков долей градуса воду бросить комочек снега из охлаждающей смеси (смесь снега с хлористым натрием), то на пути погружения этой затравки в отделяющихся от нее струях рассола зарождается громадное количество кристаллических элементов льда в форме мелких дисков. Кратковременность развития этого процесса (3—4 сек.) с поразительным в количественном отношении результатом заставляет уподобить его явлению цепной или автокаталической реакции, в которой каждый кристаллический зародыш служит источником возникновения новых, а те, в свою очередь, новых зародышей. Только очень большим числом кристаллических элементов, получающихся в такого рода опытах, можно объяснить тот факт, что, несмотря на сравнительно сильное переохлаждение воды (до —0,°9) и низкую температуру затравки с рассолом (—6°), зародыши льда приобретают форму дисков, а не форму, свойственную указанным температурам.

Скорость цепного процесса ядрообразования столь велика, что непосредственно на границе раздела фаз, повидимому, мгновенно создаются такие температурные условия, которые необходимы для образования «дисков». Что касается ионов хлористого натрия, то они не оказывают в описанном явлении какого-либо воздействия на форму кристаллов; вместо хлористого натрия может быть применена другая соль с тем же эффектом. Роль соляного раствора заключается в том, что он служит источником «холода», за счет которого (наряду, конечно, с запасом «холода» в самой воде) может образоваться большое количество зародышей льда. Кроме того, струи рассола, растекаясь в воде, повидимому, способствуют обособлению зарождающихся элементов льда в самостоятельно растущие кристаллы. В пользу этого предположения говорит тот факт, что в тех же температурных условиях кусочек льда или снега, отягченный грузиком и брошенный в воду, не вызывает во время своего падения массового образования кристаллических зародышей; число последних легко может быть подсчитано. Вместе с тем при температуре переохлаждения воды от — 0,4 до —0,°9 ледяные кристаллы имеют форму шестилучевых звездочек, а не дисков. Таким образом, дискообразная форма зародышей льда связана с малым переохлаждением расплава, не препятствующим в микрообъемах частичному оплавлению лучей (расположенных по побочным осям), происходящему за счет выделения скрытой теплоты вновь образующихся трех- и двух-

[1] Опыты производились с бензофеноном.

мерных зародышей. Процесс же массового их образования в короткий отрезок времени путем, весьма сходным с механизмом цепной реакции, протекает аналогично.

Если обособления вновь образовавшихся около кристалла зародышей по каким-либо причинам не происходит, то даже и при малых переохлаждениях воды (порядка—0,°1 и меньше) диск начинает обрастать сперва как бы бахромой, а затем лучами. Такие условия в наших опытах создавались сами собой на поверхности воды в сосуде. Всплывшие диски через некоторое время приобретали огранку. Объясняется это, повидимому, тем, что возникающие около растущего кристалла зародыши, не имея возможности удалиться от него, вскоре присоединяются к нему.

Образование кристаллов круглой формы при температурах, близких к точке плавления, свойственно не только воде, но и другим веществам. Так, Тамман [13] отмечает, что кристаллы имеют шарообразную форму (т. е. грани на них отсутствуют) у бензофенона при переохлаждении до 2° (температура плавления бензофенона 47°,8), у салола при переохлаждении до 0°,5 (температура плавления салола 42°,3), у меди при переохлаждении около 100° (температура плавления меди 1083°). При этом кристаллы находятся в состоянии роста, и грани на них появляются лишь при переохлаждении несколько большем вышеуказанных. Образование кристаллов сферической формы Тамман (так же, как и Глен) объяснял одинаковой вблизи температуры плавления скоростью роста кристалла по всем направлениям.

Как ясно из изложенного, это является не причиной, а фактическим следствием механизма роста кристалла — в направлениях более быстрого роста он одновременно оплавляется, что дает возможность соседним участкам не отставать в скорости роста от первых.

Противоречивая (с энергетической стороны) природа роста кристаллов, вероятно, является также одной из причин неоднородности и других пороков реальных кристаллов, так как возникающие около растущего кристалла новые зародыши могут присоединиться к нему не вполне правильно [1], с образованием пустот и искажением решетки. В результате кристалл окажется состоящим из очень большого числа весьма малых кристалликов с несколько различной ориентировкой кристаллографических осей в каждом. Ячеистое строение кристаллов льда наблюдал при помощи электронного микроскопа Воркман [14]. Повидимому, на это же указывают и лауэграммы в опытах Глена и Перуца [11], отмечающих, что монокристаллы льда, деформированные изгибом, дают такую диффракционную картину, которую можно отнести только за счет поликристаллического строения образца со слегка различной ориентацией каждого кристаллика.

При росте кристаллов из растворов аналогичное рассмотренному явление образования новых зародышей и их последующее присоединение к материнскому кристаллу может вызывать перекрытие маточного раствора, в чем О. М. Аншелес видит основную причину внутреннего несовершенства кристаллов [4]. Однако перекрытию маточного раствора, как и в случае расплава, предшествуют тепловые эффекты на поверхности раздела фаз, вследствие чего их и следует рассматривать как первопричину осложнений процесса зарождения и роста кристаллов.

В дополнение к рассмотренной выше физической стороне вопроса приведем установленные из опыта данные о том, что при отсутствии затравки первые кристаллы льда в обычной (например, речной) воде появляются при температурах переохлаждения порядка — 1,5,—2°,0.

---

[1] На последнее указывает также А. В. Шубников [8].

Остановимся теперь кратко на второй стороне вопроса, — на гидрологических особенностях, связанных с изучаемым явлением. Они сводятся к следующему:

1. Охлаждение воды в потоке начинается сверху и в первую очередь на более мелких местах — около берегов, где образуются забереги или тонкая корка льда. Тем самым впервые явление размножения кристаллических зародышей должно проявиться именно здесь, а не на дне, где в это время температура воды выше нуля.

2. К тому моменту, когда за счет турбулентного перемешивания вся вода в потоке до дна придет в переохлажденное состояние, упомянутый процесс ядрообразования (шугообразования) в полной мере разовьется в верхних слоях.

3. Зародышевые элементы льда могут заноситься на дно из прилегающих слоев потока еще в субмикроскопическом состоянии, вследствие чего впоследствии они кажутся выросшими на месте. Таким образом, собственно для донного льда не остается места. Если допустить, что он все же мог бы образоваться спустя очень продолжительное время (ибо вероятность такого случая, вообще говоря, пропорциональна объему и времени), то неизмеримо раньше на дно попадут зародыши кристаллов из вышележащей массы воды.

На основании вышеизложенного может быть нарисована следующая схема образования внутриводного льда — шуги. С установлением отрицательных температур воздуха (до 0°) первые кристаллы льда образуются около уреза воды, на периодически омываемой водой узкой полосе берега. При отсутствии у уреза воды снега для этого необходима температура воздуха около —2°. На участках реки со спокойным течением в это же время в тонкой поверхностной пленке воды образуется сало. Остальная масса воды не только в этих местах, но и на участках с быстрым течением будет иметь положительную температуру. Таким образом, еще до того, как вся масса воды придет в переохлажденное состояние, в ней всегда будут иметься затравки либо в виде заберегов (хотя бы и незаметных для глаза), либо в виде сала, либо в виде снега, если имеет место снегопад или в атмосфере присутствуют кристаллы льда.

Образование внутриводного льда начинается с того момента, как только в каком-то месте начинают осуществляться два необходимых условия: переохлаждение воды и наличие в ней затравки. Поэтому пока переохлажденное состояние не успело распространиться до дна, образование шуги локализуется в верхних слоях потока. Размножающиеся от каждой затравки все новые и новые зародыши разносятся движущейся водой по всему сечению и при попадании в слои с положительной температурой разрушаются. По мере увеличения количества переохлажденной воды все большее число зародышей будет оказываться в условиях, благоприятных для роста и размножения. Следовательно, образование внутриводного льда начинается одновременно с возникновением первых очагов переохлаждения (когда в них имеется затравка), обусловлено ими и до известного момента представляет собой крайне неустойчивый процесс, так как мельчайшие ядра разрушаются в воде уже при нулевой температуре. Скорость размножения зародышей определяется величиной теплоотдачи с водной поверхности. Если теплоотдача велика и теплообмен с атмосферой происходит быстро (т. е. условия перемешивания хорошие), то образование шуги идет ускоренным темпом, следуя закону прогрессии. Когда шуга, встречая на своем пути в потоке какое-либо препятствие, закрепляется на нем, то это место сразу же становится неистощимым поставщиком новых ядер. Процесс совершенно аналогичен описанному в опытах с получением ядер разного порядка [2].

Круглая форма кристаллических зародышей (диски) служит указанием на то, что явление протекает при переохлаждении воды в сотые или тысячные доли градуса. В виду того что интенсивное перемешивание воды обеспечивает хороший теплообмен с атмосферой и является весьма благоприятным фактором для обособления образующихся около каждого кристалла новых зародышей, то понятен факт обильного образования шуги на реках с ярко выраженной турбулентностью (пороги, перекаты, горные реки). Так как элементы шуги представляют собой не что иное, как выросшие до больших размеров кристаллические зародыши, то этот вид льда (по старому наименованию «донный» [1], а по более поздней терминологии «подводный» и «внутриводный») научно может быть определен как зародышевый лед.

Таким образом, образование внутриводного льда есть явление, прежде всего, физико-химическое. При наличии в переохлажденной воде затравки (льда) процесс размножения кристаллических зародышей [2] неизбежен и происходит автокаталически. Поэтому переохлаждение основной массы воды в реке не может быть сколько-нибудь значительным. Вследствие того что распределение температуры в потоке неоднородно, форма зародышей при их попадании в слои воды различной температуры может видоизменяться. На порожистых участках, где вода захватывает холодный воздух, вполне вероятно возникновение своеобразных форм кристаллов (например, в виде крупы на поверхности воздушного пузырька), особенно при сильных морозах. При условии затрудненности обособления мельчайших зародышей (отсутствии движения воды или движении ее в неблагоприятном направлении по отношению к направлению движения только что сформировавшегося зародыша) дискообразные элементы льда могут обрастать лучами и при малых переохлаждениях. Так, Л. Л. Владимиров [5] среди круглых пластинок, форму которых он уподобляет рыбьей чешуе, наблюдал и формы с отрастающими шестью лучами. В создании различных причудливых форм кристаллических образований, очевидно, принимает участие также и механическая сила движущейся воды. Под влиянием этой силы, скопившиеся в том или ином месте кристаллы могут уплотняться и своеобразно расти.

Поступила 22/VIII 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтберг В. Я. Подводный лед. ГОНТИ, 1939.
2. Альтберг В. Я. и Лавров В. В. О природе ядер кристаллизации воды. Журн. эксперим. и теорет. физики, т. 10, вып. 12, 1940.
3. Альтберг В. К. Формы кристаллов внутриводного льда в зависимости от степени переохлаждения воды. Труды Гос. гидрол. инст., вып. 11, 1941.
4. Аншелес О. М., Татарский В. Б., Штернберг А. А. Скоростное выращивание однородных кристаллов из растворов. Лениздат, 1945 г.
5. Владимиров Л. Л. Образование льда на дне рек. СПб, 1904.
6. Федоров Е. С. Процесс кристаллизации. Природа, декабрь, 1915.
7. Фридляндер И. Н, Филиппова З. Г., Модель М. С. О зависимости температуры на фронте кристаллизации от степени переохлаждения расплава Изв. сектора физ.-хим. анализа Акад. наук СССР, вып. 22, 1953.

---

[1] Вообще говоря, существует множество местных названий для этого льда. Только в СССР их насчитывается до пятидесяти (например, «свин» на р. Свири, «осенец» на р. Лене и др.).

[2] Так в нескольких словах может быть охарактеризована сущность явления внутриводного льда.

8. Шубников А. В. Образование кристаллов. Изд. Акад. наук СССР, 1947.
9. Altberg W. and Lavrow W. Acta Physicochimica URSS, vol. 11, № 2, 1939.
10. Arakawa K. The growth of ice crystals in water. The journ. of Glaciology, vol. 2, № 17, 1955.
11. Glen T. and Perutz M. The growth and deformation of ice crystals. The journ. of Glaciology, vol. 2, № 16, 1954.
12. Glen T. Comments on the paper of professor Arakawa on the growth of ice crystals in water. The journ. of Glaciology, vol. 2, № 17, 1955.
13. Tammann G. Aggregatzustände. Leipzig, 1922.
14. Workman E. The cellural nature of ice crystals. Bull. of American Phys. Soc., vol. 27, № 6, 1952.

М. И. ЗОТИН

РАЗВИТИЕ СЕТИ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ

Полярные станции Главсевморпути являются постоянными наблюдательными пунктами, ведущими систематические наблюдения за состоянием атмосферы, режимом морей и рек Арктики в целях планомерного изучения гидрометеорологического режима и оперативного обслуживания запросов службы погоды и гидрологических прогнозов.

Сеть полярных станций входит в общегосударственную опорную гидрометеорологическую сеть, и все наблюдения на них ведутся по единым, принятым для всех гидрометеорологических станций СССР программам и методике, а материалы наблюдений используются в научной и практической работе всех организаций Советского Союза.

Выполняя функции, присущие всей опорной гидрометеорологической сети, полярные станции обслуживают также морской и речной флот и авиацию в Арктике, в частности постоянной радиосвязью с материком.

Расположенные на побережье арктических морей, в низовьях рек и на островах, полярные станции охватывают исследованиями огромную арктическую область. Однако распределение их по территории неравномерно; имеются районы с очень слабо развитой сетью станций, в то же время на некоторых участках побережья сеть сравнительно густая. Это объясняется тем, что развитие сети полярных станций определялось прежде всего интересами мореплавания по Северному морскому пути, а в выборе места станций существенное значение имели условия доставки грузов.

Краткая история развития сети полярных станций

Систематические гидрометеорологические наблюдения в Арктике начались еще в прошлом столетии. Первой полярной станцией, действующей и по настоящее время, была станция Малые Кармакулы (Новая Земля). В 1877 г. в Малых Кармакулах была организована спасательная станция для промышленников и охотников. До 1896 г. наблюдения на ней велись с некоторыми перерывами, а с 1896 г. — непрерывно. Малые Кармакулы — одна из двух русских станций, где проводились наблюдения во время Первого международного полярного года (МПГ) — с августа 1882 г. до августа 1883 г. Вторая русская станция была организована на о. Сагастырь, в дельте Лены (73°23′ с. ш., 126°35′ в. д.). После окончания Первого МПГ эта станция была закрыта.

До Великой Октябрьской революции количество гидрометеорологических станций в Арктике исчислялось единицами. Расположены они были

в южной части Баренцова и Карского морей. Большая часть из них организована в 1913—1915 гг., в связи с развитием плаваний в устья Оби и Енисея. В этот период на западе были открыты станции Югорский Шар (1913 г.), Марре-Сале (1914 г.), о. Вайгач (1914 г.), о. Диксона (1915 г.). Несколько раньше, в 1906 г., в нижнем течении Енисея была организована станция — Дудинка. На востоке к 1917 г. существовала всего одна станция на мысе Дежнева, организованная в 1916 г.

Таким образом до 1917 г. на побережье и островах арктических морей было всего семь полярных станций, причем, к востоку от о. Диксона и до мыса Дежнева не было ни одной станции.

После Великой Октябрьской революции, по мере роста транспортных операций на Северном морском пути, сеть полярных станций стала быстро расти. В 1931 г. насчитывалось уже 17 станций. Новые станции были организованы в основном на наиболее удаленных островах: на Земле Франца-Иосифа (бухта Тихая, 1929 г.), на Северной Земле (о. Домашний, 1930 г.), на северной оконечности Новой Земли (мыс Желания, 1931 г.), на о. Врангеля (1926 г.) и на Новосибирских островах (мыс Шалаурова на о. Большом Ляховском, 1928 г.).

Особенно быстро возросло число полярных станций после организации в 1932 г. Главного управления Северного морского пути. В 1932—1935 гг. в различных районах Арктики было открыто 35 станций. Часть из них построена в связи с проведением в 1932/33 г. Второго МПГ. Станции размещались в шахматном порядке, таким образом, чтобы они образовали широкий пояс наблюдательных пунктов. Новые станции создавались в основном в средней и восточной части Советской Арктики.

В 1932 г. Главному управлению Северного морского пути была передана сеть из 16 полярных станций, находившихся в ведении других организаций, и поручено уже в 1933 г. построить 5, а в 1934 г. — 18 новых станций.

20 июля 1934 г. постановлением правительства для обслуживания растущих потребностей флота в Арктике и создания широкой базы для научно-исследовательской работы Главсевморпути надлежало довести сеть полярных станций к концу второй пятилетки до 89 единиц. Этим же постановлением была установлена территория деятельности Главсевморпути: в Европейской части — острова и моря Северного Ледовитого океана, в Азиатской — вся территория, севернее 62-й параллели. В подчинение Главсевморпути была передана вся существовавшая на этой территории сеть гидрометеорологических станций. Через четыре года, в 1938 г., сеть станций к югу от полярного круга отошла к Гидрометслужбе, а в 1940 г. ей были переданы все станции на материке, за исключением некоторых станций в низовьях рек.

Во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. сеть полярных станций продолжает расти — организуется 9 новых станций. Почти столько же станций организуется за пять лет — с 1946 по 1950 г.

К концу 1950 г. в Арктике работало уже 80 станций.

После войны задачи быстрейшего освоения Северного морского пути потребовали более широкого развития сети полярных станций. В течение 1951—1955 гг. было открыто 23 полярные станции. Кроме этого, в Северном Ледовитом океане в 1954 г. были организованы две постоянно действующие дрейфующие станции. В том же году Арктический институт организовал три обсерватории — на о. Диксона, в бухте Тикси и Певеке. Перед обсерваториями поставлена задача проведения научно-исследовательских работ на акватории моря путем организации экспедиций и ледовой авиаразведки, методического руководства полярными станциями района и обработки их материалов, а также научного обеспечения арктической навигации.

В настоящее время сеть Главсевморпути имеет 103 постоянные полярные станции и 4 навигационные. Вместе с дрейфующими общее число станций составляет 109. В табл. 1 дана характеристика существующей сети постоянных полярных станций, исключая навигационные, по времени их организации. Эти цифры несколько отличны от приведенных выше, так как в таблице учтена сеть только в пределах территории, обслуживаемой в настоящее время Главсевморпути.

Таблица 1

Распределение станций по времени их организации

Годы	Число станций	Годы	Число станций
До 1900	1	1936—1940	14
1901—1917	5	1941—1045	9
1918—1931	8	1946—1950	7
1932—1935	36	1951—1955	23

Наряду с ростом числа полярных станций изменяется и содержание их работы. На первых порах эти станции вели только метеорологические и прибрежные гидрологические наблюдения; постепенно в программу вводятся рейдовые гидрологические, аэрологические, актинометрические наблюдения. Увеличивается количество сроков наблюдений. Часть полярных станций, где ведутся не только гидрометеорологические наблюдения, но и геомагнитные, ионосферные и др., превращается в геофизические обсерватории.

В то же время серьезное внимание обращается на оснащение станций надежной радиосвязью. Впервые радиотелеграф был установлен в 1914 г. на полярной станции Югорский Шар, построенной в 1913 г. специально для обслуживания навигации. На старейшей станции Малые Кармакулы радиотелеграф появился только в советское время.

Станции, открытые после 1917 г., сразу же обеспечивались радиосвязью. В конце 1934 г. открылся первый радиоцентр на о. Диксона, объединивший станции западного района. Вскоре были построены радиоцентры и в других районах Арктики.

Первоначально сеть полярных станций строилась на тех участках трассы, которые постепенно осваивались. Единого продуманного плана не было. Выбор пунктов расположения станции зачастую определялся не столько научной целесообразностью или навигационными соображениями, сколько той обстановкой, в которой оказывался корабль, производивший выгрузку. Часто корабль не мог попасть в заранее намеченный пункт и станция организовалась где-либо поблизости. Так, были построены станции Русская Гавань, Малые Кармакулы, Усть-Кара, бухта Тихая, о. Малый Таймыр, Амбарчик, бухта М. Прончищевой и др. В последующем часть таких станций пришлось переносить в другое место: с мыса Сердце-Камень — на мыс Неттан, из бухты Наварин — в бухту Гавриила, с мыса Шелагского — на мыс Валькаркай, с о. Домашнего — на о. Голомянный и т. д. Некоторые полярные станции существовали очень короткое время и затем по тем или иным причинам закрывались (бухта Лаврентия, Нордвик, Рыбак, о-ва «Комсомольской Правды», о. Столбовой, Рыбное).

Отдельные станции работали с большими перерывами. Например, полярная станция о. Генриетты, открытая в 1937 г. при благоприятной ле-

довой обстановке, была затем законсервирована из-за недоступности острова для судов-снабженцев и вновь возобновила работу лишь в 1954 г. С перерывом работали и станции о. Рудольфа, бухта М. Прончищевой, о. Преображения, мыс Сердце-Камень.

Для удовлетворения нужд мореплавания возникла сеть дополнительных временных станций, действовавших в период навигации. В 1939 г. полярники мыса Челюскина и мыса Шелагского на время навигации организовали наблюдательные пункты на о. Гейберга (при входе в пролив Вилькицкого с запада) и на о.Айон (при входе в Чаунскую губу). В 1940 г. было создано пять таких выносных пунктов (о. Правды, о. Тыртова, о. Гейберга, о. Айон, мыс Литке на о.Врангеля). В дальнейшем выносные пункты действовали и в других местах. Большая часть из них позже была превращена в постоянные полярные станции.

В предстоящем пятилетии в связи с ростом потребностей морского флота и авиации, а также с проведением в 1957/58 г. Международного геофизического года намечается дальнейшее развитие работы станций. Должно быть не только увеличено число станций, но и расширена программа их работ. Для этого, помимо организации новых станций, необходимо широко использовать автоматические радиометеорологические станции.

Характеристика существующей сети

По состоянию на 1 января 1957 г. на материке и островах Северного Ледовитого океана работает 107 полярных станций (103 постоянные и 4 навигационные). Кроме того, в центральной части Северного Ледовитого океана работают две постоянные дрейфующие станции.

Существующая сеть полярных станций охватывает наблюдениями огромные пространства побережья и островов Северного Ледовитого океана. Однако сфера деятельности полярных станций не ограничивается прибрежной зоной. Значительное количество станций расположено к югу от побережья в глубине материка, главным образом на крупных реках и в заливах (мыс Каменный, Игарка, Дудинка, Кресты Таймырские, Волочанка, Хатанга, Таймылыр, Кресты-Колымские). Организация их связана прежде всего с хозяйственной деятельностью Главсевморпути. Станция мыс Каменный (Обская губа), например, расположена южнее двух станций Гидрометслужбы, находящихся также на побережье Обской губы. Поэтому точно определить на материке границу, разделяющую сферу Главсевморпути и Гидрометслужбы, не представляется возможным. Это является одной из причин наиболее слабой освещенности гидрометеорологическими наблюдениями северных районов азиатского материка, на 300—500 *км* удаленных от побережья, т. е. пограничной зоны между полярными станциями и станциями Гидрометслужбы.

Самая северная станция находится на 81°48′с. ш. (о. Рудольфа), а самая южная — на 62°25′ с. ш. (бухта Гавриила). Таким образом, если первая находится далеко за полярным кругом, то вторая — значительно южнее него. Самая западная станция находится на 14°15′ в. д. (Баренцбург), а самая восточная — на 169°06′ з. д. (о. Ратманова), т. е. разница в долготе составляет более 180°.

Из общего числа полярных станций 39 расположены на островах, а 68 — на материке. На берегу морей или заливов находятся 88 станций, рек — 18 станций, озер — 1 станция. Этим объясняется сравнительно небольшая высота местоположения станций. Основная часть их расположена на высоте до 30 *м*; наибольшая же высота не превышает 90 *м*.

По физико-географическим условиям полярные станции относятся почти полностью к зоне тундры. Лишь крайние южные станции, расположенные

на берегах крупных рек, находятся в условиях тайги или лесотундры, а часть островных станций — на ледниках.

Все станции являются гидрометеорологическими, т. е. ведут как метеорологические, так и прибрежные гидрологические наблюдения на морях и реках. Кроме этого, полярные станции проводят и другие наблюдения, главным образом геофизического комплекса. В табл. 2 показан состав наблюдений полярных станций в 1956 г. и для сравнения в 1935 г. Как видно из таблицы, за 20 лет расширилось и содержание работ по отдельным видам наблюдений.

Таблица 2

Состав наблюдений полярных станций

Вид наблюдений	Количество станций	
	1935 г.[1]	1956 г.
Метеорологические	77	107
в том числе: а) срочные климатологические	77	107
б) срочные синоптические	77	107
в) над солнечным сиянием	—	39
Аэрологические	16	34
в том числе: а) шаропилотные	16	34
б) радиозондовые	10	20
Актинометрические	11	11
Геомагнитные	5	7
Ионосферные	—	2
Изучение атмосферного электричества	3	—
Изучение космических лучей	—	2
Гидрологические	77	106
в том числе: а) прибрежные морские	51	88
б) рейдовые	21	16
в) речные и озерные	26	19
Гляциологические	—	1
Физико-географические	—	4

В настоящее время появились совершенно новые разделы геофизических работ — наблюдения за космическими лучами, ионосферные и т. д. Геомагнитные наблюдения, в состав которых входит измерение абсолютных величин элементов магнитного поля Земли и непрерывная регистрация изменений элементов магнитного поля, ведутся на 7 станциях.

Возрос объем метеорологических и аэрологических наблюдений, причем первые проводятся на всех станциях в климатологические и синоптические сроки. Наблюдения в синоптические сроки передаются по радио. Кроме этих обязательных наблюдений, на полярных станциях производятся эпизодические работы по запросам, в том числе — ежечасные наблюдения за погодой.

В настоящее время на 34 полярных станциях ведутся аэрологические наблюдения, на 20 из них — шаропилотные и радиозондовые. Из сравнения данных за 1935 и 1956 г. видно, что за 20 лет число станций, где выполняются аэрологические наблюдения, увеличилось больше чем в два раза. Объем аэрологических наблюдений в последние годы увеличился также за счет того, что с 1948 г. выпускается не один, а два радиозонда в сутки, а с 1955 г. — три.

Однако по отдельным видам работ объем наблюдений несколько уменьшился. Это прежде всего относится к рейдовым гидрологическим наблюде-

[1] В таблице учтены все гидрометеорологические станции, принадлежавшие в то время Главсевморпути.

ниям (наблюдения за температурой и соленостью воды, скоростью и направлением течений на стандартных горизонтах, производство стандартных гидрологических разрезов и гидрологических съемок в бухтах, заливах и проливах). В настоящее время рейдовые наблюдения ведутся всего на 16 станциях против 21 в 1935 г. На остальных станциях производятся лишь прибрежные наблюдения (за уровнем и температурой воды у берега, ледовые наблюдения, наблюдения за волнением). Кроме этого, на 6 станциях выполняются инструментальные наблюдения за дрейфом льда.

Резкое сокращение гидрологических работ произошло после 1938 г. Морские станции прекратили рейдовые наблюдения, а большинство речных станций с гидрометрическими створами в 1938—1940 гг. были переданы Гидрометслужбе. В дальнейшем в устьях рек были организованы новые полярные станции, но гидрологические работы на них велись только в объеме наблюдений водомерных постов. В настоящее время на 18 станциях, расположенных на реках, проводятся наблюдения за уровнем воды, температурой воды у берега и состоянием ледяного покрова реки.

Актинометрические наблюдения на сети полярных станций впервые были поставлены во время Второго МПГ (1932/33 г.) на 5 полярных станциях (бухта Тихая, Маточкин Шар, бухта Тикси, залив Лаврентия, мыс Дежнева). До этого на станции Маточкин Шар в 1931/32 г. наблюдения над прямой солнечной радиацией вел Н. Т. Черниговский. Однако в 1933/34 г. актинометрические наблюдения проводились только на двух станциях: в бухте Тихой и Баренцбурге.

К 1936—1937 гг. число полярных станций (в принятых сейчас границах), проводивших актинометрические наблюдения, возросло до шести. В сороковые годы сеть актинометрических станций сократилась до двух. Лишь в последние годы они были восстановлены и увеличены до одиннадцати. В состав актинометрических работ входят наблюдения за прямой и отраженной солнечной радиацией, за излучением.

Существующая в Арктике сеть полярных станций неоднородна не только по характеру работы. Большая часть из них (62, т. е. 58% от общей наблюдательной сети) является самостоятельными хозяйственными единицами, включающими и радиостанции. Некоторые из полярных станций выросли в крупные радиометеорологические центры (о. Диксона, бухта Тикси, мыс Челюскина, мыс Шмидта и др.), где наблюдения ведутся по более широкой программе, в которую включены аэрологические и геофизические работы. Из числа полярных станций созданы также две обсерватории Арктического института — в бухте Тихой и Баренцбурге. Другую группу составляют гидрометеорологические станции при авиапортах, не являющиеся вполне самостоятельными в хозяйственном отношении. Число таких станций составляет 24, или 21% к общему количеству (табл. 3)

В течение 1951 — 1955 гг. были организованы гидрометеорологические станции при гидрографических объектах туманных станциях, маяках и т. п. Таких станций сейчас насчитывается 10.

Все перечисленные выше станции являются постоянными, работающими круглый год. Кроме них, в настоящее время действуют четыре навигационные станции (о. Шалаурова, мыс Блоссом, Хромская губа, мыс Терпяй-Тумус). Действуя только в период навигации, они дают сведения о состоянии погоды и льдов на участках трассы со слабо развитой сетью постоянных станций.

Размещение сети полярных станций в акртической области и в настоящее время неравномерно. На побережье имеются станции, отстоящие друг от друга на расстоянии только 20—50 *км* (бухта Темп — о. Котельный; мыс Чаплина — бухта Провидения); в других случаях расстояние между станциями достигает 300 *км* и более (о. Белый — мыс Харасовой). Крайне

слабо освещен наблюдениями прибрежный район к востоку от о. Диксона до мыса Стерлегова; между станциями о. Диксона, о-ва «Известий ЦИК» мыс Стерлегова и Усть-Тарея на площади около 50 000 *км*² не имеется ни одной станции. Между тем этот район в навигационном отношении не безопасен. Явно недостаточна сеть станций на Новой Земле, в дельте Лены, на побережье Восточно-Сибирского моря (между устьями Индигирки и Колымы), на крайнем востоке, на побережье Берингова моря.

Сеть полярных станций с юга граничит с сетью Гидрометслужбы, расположенной в основном по берегам крупных рек. Огромная площадь между крупными реками совершенно не освещена наблюдениями гидрометеорологических станций. К тому же северные станции Гидрометслужбы имеют

Таблица 3

Характеристика сети гидрометеорологических станций

	Количество станций	Средняя численность персонала станции
Полярные станции и обсерватории	63	11—12
Гидрометеорологические станции радиометеорологических центров	7	13
Гидрометеорологические станции при авиапортах	24	5—6
Гидрометеорологические станции при гидрографических объектах	10	3—4
Выносные (навигационные) станции	4	3—4

чрезвычайно плохую связь и в научно-оперативном отношении используются очень слабо. Если взять всю площадь за полярным кругом от Обской губы до Берингова пролива, то здесь в среднем одна станция приходится на 55 000 *км*², в отдельных же районах на 100 000 и даже 300 000 *км*² (район между р. Пясиной и р. Анабар) [1]. Между тем наблюдения в этих районах чрезвычайно важны для познания атмосферных процессов, для синоптического анализа и прогнозов погоды по арктическим морям. Из-за отсутствия этих данных снижается качество прогнозов, а иногда приводит к серьезным ошибкам.

Одним из главных недостатков в развитии и размещении сети станций является слабая автоматизация процессов наблюдений. До сих пор не получили широкого применения дистанционные и автономно действующие приборы. Несмотря на почти 20-летний положительный опыт эксплуатации в Арктике нескольких образцов автоматической радиометеорологической станции (АРМС), этого вида станции автономного действия все еще остаются без должного внимания, которого они во всех отношениях заслуживают. Дальнейшее развитие сети в условиях огромных малообжитых пространств Арктики немыслимо без широкого применения автономно-автоматической и дистанционной аппаратуры.

Поступила 3/X 1956 г.

[1] В среднем для районов Сибири одна станция приходится примерно на 5000 *км*².

СПИСОК ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ
по состоянию на 1 января 1956 г.

№ п/п	Название станции	Местонахождение	Год организации	Широта	Долгота	Примечание
		Полярные станции				
1	Баренцбург	Айсфиорд, Шпицберген	1932	78°04′	14°13′ В	Перерыв с 1941 по 1946 г.
2	Пирамида	Айсфиорд, Шпицберген	1950	78 11	15 08	
3	Нагурская	Земля Александры, Земля Франца-Иосифа	1952	80 46	46 39	
4	Тихая, бухта	о. Гукера, Земля Франца-Иосифа	1929	80 19	52 48	
5	Малые Кармакулы	Новая Земля	1877	72 23	52 44	До 1896 г. работала с перерывами. Перерыв с 1920 по 1921 г.
6	Столбовой, мыс	„ „	1934	73 18	53 56	
7	Выходной, мыс	„ „	1934	73 14	56 43	
8	Меньшикова, мыс	„ „	1953	70 42	57 36	
9	Рудольфа, остров	Земля Франца-Иосифа	1932	81 44	58 00	Перерывы с 1933 по 1936 г. и с 1942 по 1947 г.
10	Болванский Нос, мыс	о. Вайгач	1914	70 27	59 04	До 1950 г. полярная станция о. Вайгач
11	Хабарово	пролив Югорский Шар	1939	69 39	60 25	В 1942 г. перенесена с мыса Белый Нос
12	Югорский Шар	Карское море	1913	69 49	60 45	
13	Амдерма	„ „	1933	69 46	61 41	В 1936 перенесена на 1 *км* к востоку
14	Русская Гавань, бухта	Новая земля	1932	76 14	62 39	
15	Усть-Кара	Карское море	1933	69 15	64 31	
16	Марре-Сале	п-ов Ямал	1914	69 43	66 49	Перерывы в 1918—1920 1925, 1926—1927 гг.
17	Харасовой, мыс	„ „	1953	71 06	65 45	
18	Желания, мыс	Новая Земля	1931	76 57	68 35	
19	Белый, остров	Карское море	1933	73 20	70 02	
20	Дровяной, мыс	Обская губа	1932	72 39	72 58	Перерыв в 1934—1936 гг.
21	Каменный, мыс	„ „	1950	68 28	73 36	С 1947 г. работала как станция экспедиции Арктикпроекта
22	Вилькицкого, остров	Карское море	1954	73 31	75 46	
23	Тадибе-Яга	Обская губа	1950	70 22	74 08	
24	Визе, остров	Карское море	1945	79 30	76 59	
25	Гыда-ямо	Гыданский залив	1931	70 55	78 31	До 1936 г. находилась в районе устья р. Юребей

Продолж. приложения

№ п/п	Название станции	Местонахождение	Год организации	Широта	Долгота	Примечание
26	Лескина, мыс	Енисейский залив	1934	72°21′	79°33′	
27	Ушакова, остров	Карское море	1954	80 48	79 15	
28	Диксона, остров	„ „	1915	73 30	80 24	
29	Уединения, остров	„ „	1934	77 30	82 14	
30	Сопочная Карга	Енисейский залив	1939	71 53	82 41	
31	„Известий ЦИК", острова	Карское море	1953	75 55	83 00	
32	Караул	р. Енисей	1946	70 04	83 13	До 1953 г. на мысе Толстый Нос
33	Усть-Енисейский Порт	„ „	1920	69 39	84 24	
34	Дудинка	„ „	1906	69 24	86 10	
35	Игарка	„ „	1929	67 28	86 34	
36	Стерлегова, мыс	Карское море, берег Харитона Лаптева	1934	75 25	88 54	Перерыв в 1944—1945 гг.
37	Исаченко, остров	Карское море, о-ва Сергея Кирова	1953	77 13	89 15	
38	Усть-Тарея	р. Пясина	1952	73 13	88 47	
39	Кресты Таймырские	„ „	1939	70 52	89 53	
40	Голомянный, остров	Карское море, о-ва Седова	1930	79 33	90 25	До 1954 г. на о. Домашнем были перерывы
41	Эклипс, бухта	Карское море, берег Харитона Лаптева	1948	76 37	91 15	До 1949 г. в бухте Ломоносова
42	Правды, остров	архипелаг Норденшельда	1940	76 16	94 46	Перенос в 1943—1945 гг.
43	Волочанка	р. Хета	1932	70 58	94 30	
44	Русский, остров	архипелаг Норденшельда	1935	77 10	96 25	
45	Тыртова, остров	„ „	1940	76 35	97 31	
46	Краснофлотские, острова	Карское море	1953	78 34	98 41	
47	Усть-Таймыра	Таймырский залив	1935	76 12	99 04	До 1939 г. на мысе Остен-Сакен (в 7 *км*)
48	Таймыр, озеро	п-ов Таймыр	1943	74 37	101 25	
49	Гейберга, остров	пролив Вилькицкого	1951	77 35	101 34	С 1939 г. навигационная станция
50	Хатанга, река	Хатангский залив	1932	71 59	102 28	
51	Солнечная, бухта	пролив Вилькицкого, о. Большевик	1951	77 48	104 15	
52	Челюскина, мыс	пролив Вилькицкого, п-ов Таймыр	1932	77 43	104 17	
53	Зимовочная, бухта	море Лаптевых, залив Фаддея	1953	76 45	106 30	
54	Малый Таймыр, остров	море Лаптевых	1943	78 05	106 49	В 1942 г. был навигационный пункт

Продолж. приложения

№ п/п	Название станции	Местонахождение	Год организации	Широта	Долгота	Примечание
55	Косистый, мыс	Хатангский залив	1939	73 40	109 44	
56	Андрея, остров	море Лаптевых	1942	76 49	111 10	
57	Прончищевой Марии, бухта	море Лаптевых	1935	75°34′	113°25′	Перерыв с 1937 по 1947 г.
58	Преображения, остров	„ „	1934	74 39	112 47	Перерыв с 1937 по 1938 г.
59	Усть-Оленек	Оленекский залив	1938	72 59	119 49	
60	Таймылыр	р. Оленек	1946	72 36	121 55	
61	Дунай, остров	море Лаптевых	1953	73 55	124 30	С 1945 г. навигационная станция
62	Столб, остров	дельта р. Лены	1953	72 24	126 48	С 1950 г. станция экспедиции Арктического института
63	Тикси, бухта	губа Буор-Хая	1932	71 35	128 55	
64	Тикси, аэропорт	„ „	1955	71 39	128 52	
65	Мостах, остров	„ „	1936	71 33	131 02	В 1935 г. навигационная станция
66	Буор-Хая, мыс	море Лаптевых	1953	71 57	132 46	с 1942 г. с перерывами навигационная станция
67	Юэдей	р. Яна	1955	71 31	136 25	с 1952 г. экспедиция „Гипроарктика"
68	Усть-Янск	„ „	1942	70 54	136 20	
69	Темп, бухта	о. Котельный	1949	75 48	137 33	
70	Котельный, остров	Новосибирские острова, мыс Анисий	1933	76 00	137 54	Перерыв с 1934 по 1935 г.
71	Санникова, пролив	о. Котельный, мыс Медвежий	1942	74 40	138 55	
72	Кигилях, мыс	море Лаптевых, о. Большой Ляховский	1934	73 21	139 52	
73	Святой Нос, мыс	пролив Дм. Лаптева	1952	72 48	140 46	
74	Земля Бунге	Новосибирские острова	1953	74 49	142 36	
75	Шалаурова, мыс	Восточно-Сибирское море, о. Большой Ляховский	1928	73 11	143 14	
76	Рожина, мыс	Восточно-Сибирское море, о. Новая Сибирь	1953	75 03	147 00	
77	Чокурдах	р. Индигирка	1940	70 37	147 53	
78	Табор	„ „	1954	71 15	150°18	
79	Жохова, остров	о-ва Де Лонга	1955	76 06	153 55	
80	Алазея	р. Алазея	1945	70 40	154 00	В 1947 г. перенесена с протоки Логашкиной
81	Генриетты, остров	о-ва Де Лонга	1937	77 07	156 35	
82	Кресты-Колымские	р. Колыма	1940	68 48	161 17	
83	Амбарчик, бухта	Восточно-Сибирское море	1935	69 34	162 18	До 1939 г. на мысе Медвежьем

Продолж. приложения

№ п/п	Название станции	Местонахождение	Год организации	Широта	Долгота	Примечание
84	Четырехстолбовой, остров	Восточно-Сибирское море, о-ва Медвежьи	1933	70 38	162 24	
85	Раучуа	Восточно-Сибирское море	1940	69 30	166 35	
86	Айон, остров	То же	1941	69 55	167 58	С 1939 г. навигационная станция
87	Певек	Чаунская губа	1934	69°42′	170°16′	
88	Апаппельхин	„ „	1948	69 48	170 50	
89	Валькаркай, мыс	Восточно-Сибирское море	1934	70 05	170 56	До 1941 г. на мысе Шелагском
90	Биллингса, мыс	пролив Лонга	1935	69 53	175 46	
91	Гавриила, бухта	Берингово море	1935	62 25	179 08 З	До 1954 г. на мысе Наварин
92	Угольная, бухта	Берингово море	1935	63 03	179 19	
93	Шмидта, мыс	пролив Лонга	1932	68 55	179 29	
94	Сомнительная, бухта	о. Врангеля	1954	70 55	179 18	
95	Оловянная, бухта	залив Креста	1935	66 11	179 00	
96	Врангеля, остров	Чукотское море, Бухта Роджерса	1926	70 58	178 32	
97	Ванкарем, мыс	Чукотское море	1934	67 50	175 36	
98	Колючин, остров	„ „	1934	67 28	174 38	До 1943 г.—на м. Дженретлен
99	Провидения, бухта	Берингово море	1934	64 26	173 14	
100	Чаплина, мыс	„ „	1937	64 24	172 14	
101	Неттан, мыс	„ „	1934	66 57	171 49	До 1955 г. был на мысе Сердце-Камень; перерыв с 1939 по 1943 г.
102	Уэлен	Берингов пролив	1933	66 10	169 50	
103	Ратманова, остров	„ „	1940	65 47	169 05	
		Навигационные станции				
104	Терпяй-Тумус	Оленекский залив	1953	73 35	118 40 В	
105	Хромская губа	Восточно-Сибирское море	1945	72 16	147 06	
106	Шалаурова, остров	Восточно-Сибирское море	1941	69 58	172 34	
107	Блоссом, мыс	о. Врангеля	1952	70 47	179 51	

ЗАМЕТКИ

О СОХРАНЕНИИ ОТМЕТОК НУЛЕЙ ВОДОМЕРНЫХ ПОСТОВ НА ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЯХ

На полярных гидрометеорологических станциях в числе других ведутся также регулярные наблюдения за колебаниями уровня моря. Для приведения наблюдений различных лет к одному горизонту и для проверки неизменности положения нулей водомерных постов, последние связываются нивелировками с реперами. Сохранение отметок нулей водомерных постов станций представляет собой сложную задачу, так как их реперы друг с другом не связаны.

Государственные нивелировки к побережью морей Северного морского пути выходят только в нескольких пунктах. Рассчитывать на возможность осуществления нивелирных связей на побережье в ближайшие годы из-за большой трудоемкости этой работы не приходится. Еще хуже обстоит дело с заложенными на островах реперами, которые вообще не могут быть связаны нивелировками с материком.

В связи с указанными причинами особое значение имеет надежное закрепление на местности отметок нулей водомерных постов. Поверкой состояния реперов полярных гидрометеорологических станций Тиксинского района выявлено, что из 21 станции, где ведутся водомерные наблюдения, на 7 станциях привязки нулей водомерных постов осуществляются к временным реперам, которые не могут сохранять отметки высот в течение длительного периода. Все остальные реперы, как правило, заложены без соблюдения требований, предъявляемых к месту закладки, и из случайно оказавшихся «под рукой» материалов.

Подобная практика привела к тому, что, например, на полярной станции о. Котельный реперы нарушались в 1941 и в 1951 гг., а на выносном посту Терпяй-Тумус репер оказался поврежденным в 1955 г. Во всех трех случаях это привело к потере исходных отметок и невозможности связи последующих наблюдений с ранее выполненными.

Сейчас, когда на многих станциях период непрерывных наблюдений за уровнем моря достиг 15—20 и более лет (о. Диксона, бухта Тихая, мыс Челюскина, бухта Тикси, о. Котельный и др.), необходимо принять серьезные меры для сохранения отметок нулей водомерных постов, так как имеется реальная угроза их утраты, в результате чего обесценятся многолетние наблюдения.

На полярных гидрометеорологических станциях необходимо иметь, как минимум, два репера: основной репер и репер водомерного поста. Основной репер должен служить как бы эталоном высоты, в связи с чем он должен особенно тщательно оберегаться. Им надлежит пользоваться только для контроля неизменности положения репера водомерного поста и других реперов. Репер водомерного поста следует использовать во всех случаях, когда нужно получить отметки рейки или свай, по которым ведутся водомерные наблюдения.

Причины повреждения реперов. Наиболее частыми причинами повреждения реперов в Арктике являются: 1) близость мест заложения реперов к разрушающимся берегам и 2) неправильная закладка реперов.

При закладке реперов вблизи морей и рек необходимо обращать внимание на состояние берегов. Особенно это относится к районам, где залегает легко разрушающийся ископаемый лед, перемежающийся с песчано-глинистыми отложениями, спаянными вечной мерзлотой. Наблюдениями установлено, что берега некоторых островов моря Лаптевых в течение одного года размываются в полосе шириной около 4 *м* [1]. По этой причине подверглись разрушению реперы на станциях о. Котельный и о. Новая Сибирь.

При закладке реперов в районах вечной мерзлоты очень важно возможно меньше деформировать ее, а также залегающий на ней деятельный слой почвы. Опыт показывает, что обычно плохой результат дает закладка в мерзлоту деревянных реперов, имеющих по сравнению с железными трубами значительное поперечное сечение и требующих поэтому при установке рытья шурфов. В летний период под такими реперами скапливается вода, которая, замерзая, выпучивает деревянный репер на поверхность. По этой причине подверглись разрушению реперы, заложенные экспедициями в районе бухты Тикси (рис. 1)

На полярных станциях Святой Нос, о. Котельный и др. в качестве реперов используются стенные марки, заложенные в нижние венцы срубов деревянных зданий. Такой способ закладки нельзя считать надежным ввиду того, что здания, установленные на вечной мерзлоте, очень часто испытывают деформации.

Рис. 1. Репер — деревянный столб, заложенный в мерзлоту и подвергшийся выпучиванию.

Иногда, желая избежать сравнительно трудоемких работ, в качестве реперов используют насечки на камнях-валунах сравнительно небольших размеров, незначительная поверхность которых углублена в мерзлоту (полярная станция Усть-Оленек). Подобные реперы также не могут удовлетворять предъявляемым к ним требованиям.

О рациональной конструкции репера. В настоящее время еще не разработаны специальные конструкции реперов для районов вечной мерзлоты, и высотными знаками в соответствии с «Инструкцией по нивелированию ГУГК» являются грунтовые реперы, устанавливаемые непосредственно в почву, и реперы, закладываемые в скалы или каменные сооружения. Типовые чертежи этих реперов помещены в названной инструкции. Учитывая специфические особенности побережья арктических морей, при закладке реперов целесообразно воспользоваться рекомендациями, разработанными мерзлотной станцией Якутского филиала Академии наук СССР, где велись продолжительные наблюдения за состоянием реперов различных конструкций[2]

Выше указывалось, что при закладке реперов важно возможно менее деформировать мерзлоту и покрывающий ее деятельный слой, обладающий теплоизоляционными свойствами. Именно поэтому реперы, имеющие большие якори и требующие для их закладки трудоемких работ, связанных с рытьем шурфов, оказываются менее устойчивыми, чем реперы, которые могут быть заложены посредством ручного бурения при меньших затратах труда.

Наиболее целесообразной конструкцией мерзлотного репера является труба диаметром 60 *мм* с приваренным к ее концу диском диаметром около 150 *мм*, который выполняет роль якоря. Для обеспечения неподвижности оказывается достаточным заложить такой репер в мерзлоту на глубину, равную тройной толщине деятельного слоя. Учитывая небольшую толщину деятельного слоя на побережье арктических морей, в

некоторых районах составляющую меньше 30 *см*, для полной гарантии неподвижности реперы все же следует закладывать в мерзлоту на глубину не менее 1 *м*

Выводы

1. Во избежание утрат отметок нулей водомерных постов необходимо проверить состояние всех реперов гидрометеорологических полярных станций. Для выполнения этой работы в первую очередь нужно привлечь наблюдателей этих станций.

2. На станциях, где реперы не соответствуют своему назначению, в кратчайшие сроки должны быть установлены надежные реперы. При этом в качестве мерзлотных реперов следует использовать вышеописанную конструкцию, разработанную Мерзлотной станцией Якутского филиала Академии наук СССР. Этот тип репера, не требующий при закладке трудоемких работ, оказывается в то же время более надежным, чем тип грунтового репера, рекомендуемый «Инструкцией по нивелированию ГУГК».

Скальные реперы должны устанавливаться в соответствии с упомянутой инструкцией.

3. Все полярные гидрометстанции должны быть снабжены инструментами, необходимыми для закладки реперов и нивелирования, а наблюдатели надлежащим образом проинструктированы для выполнения этой работы.

Поступила
24/VII 1956 г.

Я. П. Кобленц

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмызников П. К. О размыве берегов моря Лаптевых. Журн. «Северный морской путь», № 7, 1937

2. Труды Мерзлотной станции Якутского филиала Акад. наук СССР, 1955.

БЫСТРО ПОГРУЖАЮЩАЯСЯ ПЛАНКТОННАЯ СЕТЬ НАНСЕНА

При гидробиологических наблюдениях в работе с сетями Нансена вскрываются некоторые их эксплуатационные недостатки: малая скорость погружения, большой боковой снос при наличии дрейфа, вращение закрытой сети во время подъема, вызывающее кручение троса. На глубинах в несколько тысяч метров эти недостатки проявляются особенно сильно.

Вследствие значительного собственного веса, трос при опускании сети на больших глубинах может вытравливаться быстрее, чем погружается сеть. Это может вызывать запутывание и обрыв троса при подъеме сети. Поэтому опускание сети на тросе с помощью лебедки «Северный полюс» может практически производиться со скоростью:
при диаметре входного отверстия сети 50 *см* 50—60 *см/сек*
» » » » » 100 » 30—40 »

При таких малых скоростях погружения сетей на производство планктонной станции уходит много времени. Так, при глубине 4000 *м* на производство стандартной планктонной станции требуется в среднем 10—12 час. Из них только на погружение тратится: при работе с сетью диаметром 50 *см* — около 3,5 часа, при работе сетью диаметром 100 *см* — около 4,5 часа, что составляет более трети всего времени, необходимого на производство станции.

При работе с тросом диаметром 1,2 *мм* увеличивать вес груза-поддона — что повысило бы скорость погружения сети, — нельзя. На больших глубинах вследствие собственного веса, значительного трения при движении в воде и большого сопротивления сети, трос во время подъема сети и без того работает под нагрузкой, близкой к пределу его прочности.

Много затруднений вызывает и второй недостаток сети — большой горизонтальный снос во время дрейфа. Как известно, гидрологические работы с дрейфующего льда производятся через лунки диаметром не более 2 *м*. Во время дрейфа (даже незначительного) трос из-за большой парусности сети сильно отклоняется от вертикали и врезается в нижнюю кромку лунки. В результате затрудняется своевременное сбрасывание посыльного грузика, что приводит к большому запаздыванию закрытия сетки и снижает качество наблюдений. Кроме того, трос в местах наложения марок и сплесней портится и сеть невозможно извлечь на поверхность без предварительного обкалывания нижней кромки льда. Все эти затруднения еще больше увеличивают продолжительность станции. Закрытая сетка принимает несимметричную форму и во время подъема вращается. Ее вращение передается тросу, и он или раскручивается, или чрезмерно закручивается. Это влечет за собой ослабление и быстрый износ троса, а нередко и его обрыв во время подъема.

Предлагаемая модернизация сетей Нансена, предназначенных для гидробиологических наблюдений на больших глубинах, направлена на сокращение времени производства планктонных станций, на повышение качества и удобства наблюдений без изменения стандартных характеристик сети и методики наблюдений.

Разработанное усовершенствование заключается в следующем. Для увеличения скорости погружения и подъема сети после закрывания, а также для уменьшения отклонения троса при дрейфе необходимо резко уменьшить сопротивление сети при движении в воде. Это достигается разделением сплошного кольца входного отверстия на две симметричные шарнирно соединенные половины; при погружении сети под действием сопротивления воды они складываются в вертикальный полукруг, а при траления — раскладываются (также за счет сопротивления воды), образуя окружность стандартного диаметра, расположенную в горизонтальной плоскости.

Для устранения кручения троса сетью огон удавки крепится к замыкателю через шариковый вертлюг такого типа, как употребляется на тяжелых буквопечатающих вертушках. Принципиальная схема модернизованной планктонной сети Нансена приведена на рис. 1.

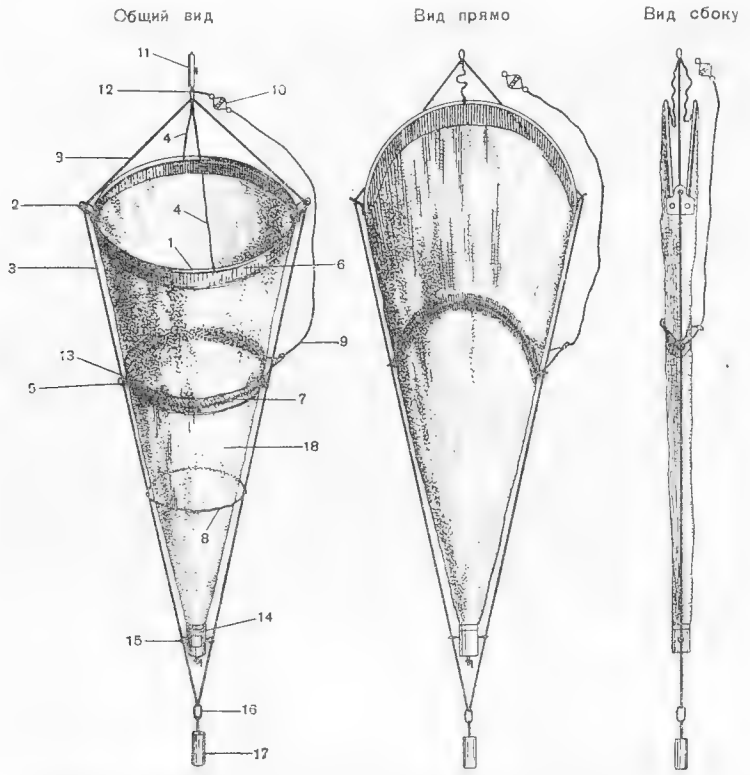

Рис. 1. Принципиальная схема модернизованной планктонной сети Нансена.

1 — разрезное кольцо входного отверстия; *2* — соединительные шарниры; *3* — несущий строп; *4* — контрольные стропки; *5* — дополнительные кольца для стропа; *6* — верхний пояс сети; *7* — пояс удавки; *8* — охранный поясок; *9* — удавка; *10* — вертлюг открытого типа (шариковый); *11* — замыкатель; *12* — верхний огон сети; *13* — кольца для пропуска удавки; *14* — стакан; *15* — кольцо для крепления стакана к несущему стропу; *16* — нижний огон сети; *17* — груз-поддон; *18* — газ сети.

Введение в конструкцию сети кольца входного отверстия, состоящего из двух шарнирно соединенных половин, и некоторые незначительные изменения в оснастке сети почти не усложняют ее конструкцию. Поэтому данные наблюдений, полученные быстро погружающимися сетями Нансена, не отличаются от данных, полученных обычными сетями.

На станции «Северный полюс-4» автором модернизирован и испытан в производственных условиях опытный образец сети диаметром 50 *см*. Скорость погружения сетки и ее подъема после закрывания увеличились, а угол отклонения троса уменьшился в два раза по сравнению со скоростями и углом при работе с обычной сетью.

Работа сети с разрезным кольцом происходит следующим образом. При погружении силы встречного сопротивления воды давят на верхний пояс сети, к которому пришит шелковый газ. Сам верхний пояс укреплен на разрезном кольце и, стремясь

под воздействием сил сопротивления воды уменьшить площадь сопротивления сети, складывает полукольца в вертикальный полукруг. Складывание кольца происходит на первых же 2 *м* погружения. При этом площадь сопротивления уменьшается во много раз, так как сеть принимает форму почти плоской фигуры и скорость ее погружения при прочих равных условиях возрастает. Снос сети уменьшается, так как плоскость ее сложения разворачивается по направлению дрейфа.

При закрывании сети разрезное кольцо переворачивается вниз, как и у обычной сети, и складывается даже под собственной тяжестью полуколец, не говоря уже о сопротивлении воды во время подъема сети. Уменьшение сопротивления сети в данном случае позволяет увеличить скорость ее подъема.

Во время траления (подъем незакрытой сети) быстро опускающаяся сеть работает, как и обычная, потому что на первых же метрах подъема полукольца и под влиянием собственного веса и благодаря лобовому сопротивлению раскладываются в полное кольцо.

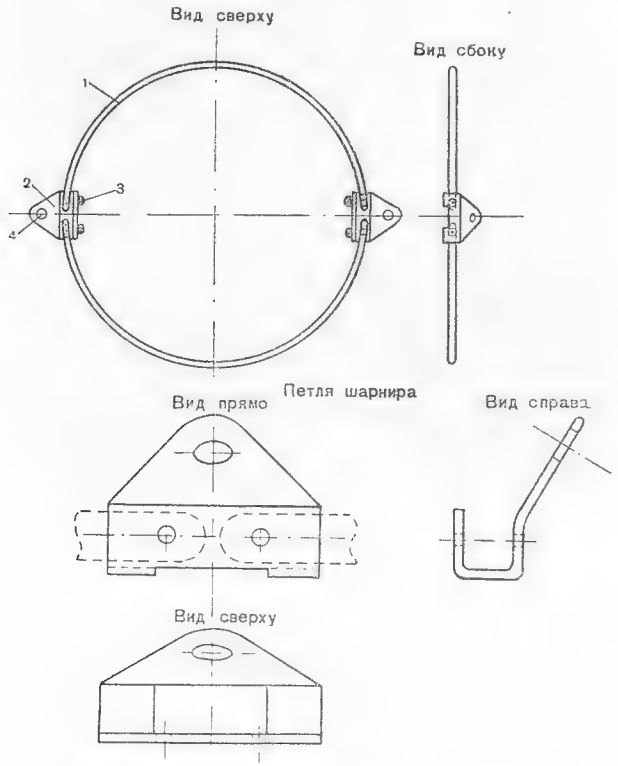

Рис. 2. Схема складывающегося кольца.

1 — полукольцо; *2* — петля шарнира; *3* — соединительный болтик шарнира (головка); *4* — отверстие для крепления несущего стропа.

Исключительно хорошо на работу троса влияет вертлюг. При отсоединении троса от замыкателя сети после ее подъема трос не соскакивает с блока лебедки и не имеет ни остаточного раскручивания, ни изгибов, что наблюдается при работе с обычной сетью.

Монтаж разрезного кольца и оснастка сетки. Полудуги кольца делаются из прутка, диаметр которого на 1—2 *мм* больше диаметра прутка, идущего на изготовление колец для обыкновенных сеток. Конструкция шарниров довольно проста (рис. 2). Скоба шарнира выгибается из цельной полоски стали толщиной 3 *мм*. Готовый шарнир должен иметь противокоррозийное покрытие. Концы полуокружностей соединяются с шарниром посредством осей, которые позволили бы по мере необходимости вновь разъединять полуокружности. Шарнирные соединения должны позволять совершенно свободно складываться и раскладываться полуокружностям. Они не должны иметь острых углов и выступов, которые могут повредить газ сети. Шарнирные соединения могут быть выполнены и в другом виде, но с обязательным выполнением всех перечисленных условий. Нежелательно также увеличение га-

баритов шарнирного соединения. Делать для обоих соединений сквозную общую ось нет необходимости; как показали испытания, кольцо не изменило своей правильной формы и после производства станции не пострадало от сдавливающего действия стропов. На рис. 2 изображено шарнирное соединение, использованное при модернизации малой сети.

Изменение в оснастке сети заключается в том, что вместо трех стропов у модернизированной остается только два, идущих от верхнего огона через шарнирные соединения и кольца стакана к нижнему огону (рис. 1). Стропы крепятся к ушкам шарнира и к кольцам стакана. Соответственно на стакане должно быть не три кольца, а два, расположенных диаметрально противоположно и в одной плоскости с шарнирными соединениями. Для того чтобы во время траления не получалось перекосов кольца, от середин полуокружностей к верхнему огону сети идут контрольные стропки. Последние должны быть несколько длиннее соответствующих участков основных стропов для того, чтобы вся тяжесть сети и нагрузка во время траления распределялись на основные стропы, а контрольные стропки лишь предохраняли бы кольцо от перекосов. Складыванию сети контрольные стропки не препятствуют. Для предотвращения выпучивания мешка сетки во время траления в сторону несколько ниже удавки делается охранный поясок, который крепится к стропам и имеет диаметр, равный диаметру сети в этом месте. Контрольные стропки и охранный поясок выполняются из того же материала, что и стропы.

Длина строп должна быть такой, чтобы в момент, когда сетка с грузом-поддоном подвешена на верхнем огоне, а кольцо входного отверстия находится в сложенном состоянии, газ сетки был чуть-чуть натянут. Это условие особенно необходимо выполнить для обеспечения складывания полуколец без воздушных пазух (которые препятствуют полному складыванию при погружении сетки) и наилучшей обтекаемости сетки водою. Поскольку при складывании полуокружностей пояс удавки вместе со всем мешком сетки несколько перемещается относительно стропов, крепить кольца, в которых проходит удавка, к стропам неподвижно нельзя. К кольцам удавки присоединяются вторые кольца такого же размера, в которые и пропускаются стропы при оснастке сети. Эти кольца выполняют те же функции, что и неподвижное крепление, и в то же время обеспечивают свободное движение мешка сети при складывании полуокружностей вдоль стропов.

Все остальные крепления осуществляются обычным способом. Полуокружности крепятся в шарнирах после того, как они продеты в верхний пояс сетки.

Поступила
16/X 1956 г.

М. В. Извеков

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЛЬДАМИ С ПОМОЩЬЮ СУДОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

Опыт эксплуатации судовых радиолокационных станций (РЛС), материалы Арктического института и данные, опубликованные в литературе, позволяют сделать выводы о возможности использования РЛС для наблюдений за льдами, что особенно важно при плавании в Арктике в условиях плохой видимости.

Ниже приводятся краткие сведения о радиолокационной видимости ледовых образований.

Как известно, радиолокационная видимость объектов, характеризуемая четкостью их изображения и дальностью обнаружения, зависит в основном от тактико-технических данных РЛС, характера объектов и совокупности метеорологических условий. Учитывая, что судовые РЛС позволяют обнаруживать льды на сравнительно небольших расстояниях, с метеорологическими условиями можно не считаться, так как их изменение не оказывает заметного влияния на радиолокационную видимость льдов [1]. Таким образом, для известного типа РЛС видимость льдов на ее экране определяется в основном характеристиками ледовых образований (сплоченностью, торосистостью и т. п.).

Приводимые ниже данные относятся к РЛС типа «Нептун» и „SO-13" могут быть использованы для других РЛС с близкими к ним параметрами.

Дальность обнаружения отдельно плавающих льдин, которые изображаются в виде светлых пятен («Нептун») „SO-13" зависит от их формы и высоты и в среднем

---

[1] Это не относится к крупным объектам (например, айсбергам), для которых изменение дальности обнаружения в отдельных случаях может оказаться значительным.

равна 1 — 3 милям, а для крупных айсбергов с высотой больше 15 — 20 *м* и обрывистыми склонами достигает 8—12 миль. Обломки айсбергов, стамухи и несяки обычно обнаруживаются на расстояниях, не превышающих 4—7 миль (рис. 1). Необходимо учитывать, что льдины с гладкой, обкатанной поверхностью, а также некоторые айсберги с пологими передними склонами могут не обнаруживаться РЛС.

При волнении обнаружение льдов затрудняется. Иногда, снижая усиление приемника, на фоне мерцающих неустойчивых отражений от волн удается обнаружить более устойчивые сигналы, отраженные льдинами. Это облегчается тем, что сигналы от волн при каждом обороте антенны хаотически перемещаются, в то время как изображения льдин практически остаются на месте.

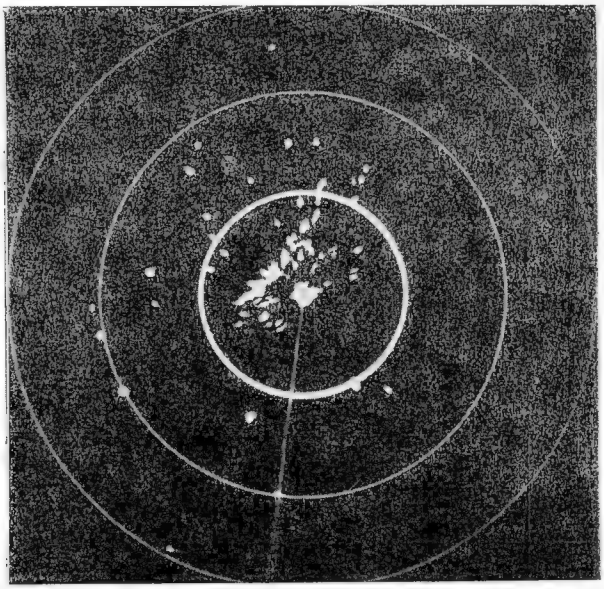

Рис. 1. Обломки айсбергов и отдельные льдины. «Нептун», шкала 5 миль (л/р «Ф. Литке», 1955 г.).

Для наблюдения за редкими льдами сплоченностью до 3 баллов можно использовать как РЛС типа «Нептун», так и РЛС типа „SO-13". Однако вероятность обнаружения невысоких льдин повышается при использовании РЛС «Нептун». Из-за интерференции радиоволн изображения невысоких льдин по мере изменения расстояния до них могут последовательно исчезать и вновь появляться [1].

Крупно- и мелкобитый лед различной сплоченности обнаруживается на расстояниях 1—3,5 мили; при этом сильносплоченный (8—10 баллов) всторошенный лед (крупно-мелкобитый, ледяные поля, обломки полей) может давать сплошную засветку экрана в радиусе 0,5—1,0 мили. Ровные ледяные поля слабо засвечивают экран на расстояниях до 0,25—0,5 мили. Кромка таких льдов имеет вид светлой линии и обнаруживается, так же как и кромка торосистого льда, на расстояниях 1,5—3,5 мили. Различные образования молодого льда в большинстве случаев совершенно не просматриваются на экране, хотя иногда отдельные его виды (в частности, блинчатый лед) могут наблюдаться на расстояниях до 0,5—1,0 мили (рис. 2).

При наблюдениях за разреженными и сплоченными льдами лучшей является РЛС типа «Нептун», так как у РЛС типа „SO-13" возможна сплошная засветка экрана уже при сплоченности льда 5—7 баллов.

По изображению на экранах судовых РЛС можно судить о сплоченности и отчасти о степени торосистости льда, хотя оценка этих характеристик по изображению на экране РЛС типа „SO-13" менее точна, а в некоторых случаях, как указано выше, невозможна. Оценка сплоченности производится по площади и характеру засветки экрана. В зависимости от характеристик льда и опытности наблюдателя сплоченность

---

[1] Подробнее это изложено, например, у В. П. Благовещенского «Судовая радиолокационная станция и особенности ее работы», Изд-во «Морской транспорт», 1955.

обычно определяется с точностью порядка 1—2 баллов. Источником ошибок является отсутствие изображений крупных снежниц, образований молодого льда или ровных ледяных полей.

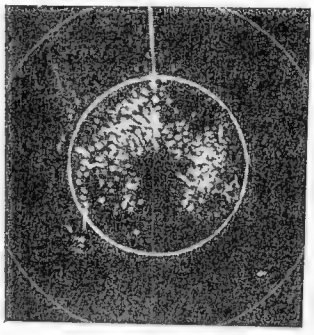

Рис. 2.

Лед сплоченностью 10 баллов (8—9 баллов молодого блинчатого льда с включениями двухгодовалого льда). Слева, в расстоянии примерно 1 мили, кромка старого льда. „Нептун", шкала 5 миль (л/к „А. Микоян", 1954 г.).

При наличии у наблюдателя достаточных навыков можно приближенно оценить и степень торосистости льда путем постепенного снижения усиления приемника. При этом изображение слабо всторошенного льда пропадает раньше; сильно всторошенный лед будет виден при меньшем усилении приемника.

Радиолокационная видимость каналов и разводьев во льдах зависит от их ширины и определяется разрешающей способностью РЛС. Примерная ширина обнаруживаемых каналов дана в табл. 1.

В слабо всторошенных льдах с помощью РЛС типа «Нептун» возможно обнаружение и более узких каналов (в частности, за ледоколом), когда за счет отражений от кромки взломанного льда они изображаются в виде яркой линии на фоне менее интенсивных отражений от остального льда. Каналы, затянутые молодым льдом и запорошенные снегом, большей частью обнаруживаются так же, как и каналы чистой воды.

Таблица 1

Ширина канала

(в метрах)

Расстояние (мили)	В радиальном направлении		Перпендикулярно к нему	
	„Нептун"	„SO-13"	„Нептун"	„SO-13"
0,5	30—40	150—200	50 — 100	170 — 220
1,0	60—80	300—400		
2,0	120—160	600—800		
3,0	180—210	900—1200		

Осенью и весной на радиолокационную видимость участков берега влияют снежный покров и припай. Снежный покров обычно несколько снижает дальность обнаружения, а припай (у низменных берегов) искажает очертания береговой линии. Влияние припая на обнаружение скалистых берегов незначительно, и в этом случае можно наблюдать как границу вода — припай, так и границу припай — берег. Вследствие небольших дальностей обнаружения припая (порядка 1—4 мили) его влияние на радиолокационную видимость береговой черты сказывается на близких расстояниях.

Таким образом, судовые РЛС позволяют обнаруживать льды, следить за ледовой обстановкой и частично судить о характеристиках ледовых образований в радиусе 2—3 миль.

Учитывая ограниченность сведений, получаемых с помощью используемых на судах РЛС, для более точной оценки ледовой обстановки данные радиолокационного наблюдения должны по возможности дополняться данными визуального наблюдения.

Поступила
12/XII 1956 г.

Т. Т. Семиков

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЧИРКА-КЛОКТУНА *Anas formosa* Georgi НА НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВАХ

Материалы коллекции: о. Большой Ляховский, 1939 г., № 44, ♂ — ad., 24/VI; № 104, ♂ — ad., 21/VIII; о. Столбовой, 1956 г., № 122 ♀ — ad., 19/VII; № 19, кладка яиц 6 шт. (7), 19/VII.

В 1886 г. А. А. Бунге на о. Большом Ляховском обнаружил 29 июня гнездо клоктуна с четырьмя свежими яйцами [3].

О чирках-клоктунах с Новосибирских островов сообщается в компилятивной работе Т. Плеске [4], где в табличном списке поставлен значок, указывающий на то, что эти утки гнездятся на о. Большом Ляховском в ограниченном числе, а в тексте сказано, что Э. В. Толль считает их случайными для острова.

В сводной работе «Птицы Советского Союза» Ю. А. Исаков [1] тоже приводит этих чирков для о. Большого Ляховского (без ссылок на источник), но высказывает мнение, что они там «вряд-ли гнездятся». Таким образом, в литературе утвердилось два противоречивых суждения.

Как же на самом деле обстоит дело с распространением этой утки на Новосибирских островах?

Прежде всего следует отметить, что в пределах гнездового ареала, по крайней мере на участке Святой Нос — дельта р. Лены, клоктун гнездится вплоть до побережья моря Лаптевых. В окрестностях устья р. Яны и Святого Носа гнезда клоктунов видели промышленники Н. Слепцов, И. Лебедев, С. Стручков и др., а в дельте р. Лены в течение многих лет при сборе яиц их находил промышленник В. С. Больбитов.

Фактическими материалами, подтверждающими распространение клоктуна на Новосибирских островах, кроме сообщения А. А. Бунге [3], являются две шкурки самцов, вывезенные автором в 1939 г. с о. Большого Ляховского, а также шкурка самки, добытая в 1956 г., и кладка яиц с о. Столбового. Кроме того, собран опросный материал от охотников, занимающихся промыслом на Новосибирских островах.

Косвенным подтверждением гнездования этих уток на о. Большом Ляховском является то, что в 1939 г. клоктуны постоянно наблюдались на речках в течение всей весны и лета.

В пользу этого говорят также следующие факты: промышленник Г. Бочкарев несколько раз, в разные годы, находил гнезда этих чирков на п-ове Кигилях. Кроме того, автором 21 августа 1939 г. в верховьях р. Дымной была встречена стая клоктунов, в которой среди взрослых птиц наблюдались хорошо летные молодые. Следовательно, гнездование клоктунов на о. Большом Ляховском можно признать вполне закономерным.

Из опросных сведений явствует, что отдельные особи, пары и маленькие стайки клоктунов посещают многие острова Новосибирского архипелага. Так, на о. Малом Ляховском в 1941 г., в окрестностях озера Калан-Кёль, их наблюдал промышленник М. Колосов и добыл одного самца. В 1947 и 1948 гг. на западном берегу о. Котельного, в районе р. Амбардах (западный), на маленьких речках и челбаках их неоднократно видел промышленник Н. Слепцов. Он же в 1944 г. на о. Столбовом наблюдал, как отдельные пары, так и маленькие табунки этих уток. На о. Столбовом с 1951 по 1955 г. клоктунов ежегодно встречал промышленник В. С. Больбитов, но гнезд не обнаружил. В 1946 г. на о. Бельковском одиночного самца добыл промышленник И. Тимофеев. Промышленник С. Стручков видел в 1947 г. этих птиц на юге о. Фаддеевского и в конце июня добыл самца. Как видно из перечня, эти чирки посещают почти все основные острова Новосибирского архипелага: Большой и Малый Ляховский, Котельный, Фаддеевский, Бельковский и Столбовой. Повидимому, в дальнейшем клоктуны будут найдены и на о. Новая Сибирь, и на Земле Бунге.

Из опросных данных видно, что промышленники не находили гнезд этих чирков. Исключение составляет о. Большой Ляховский (промышленник Г. Бочкарев).

Из рассмотренного материала следует отметить, что клоктуны довольно регулярно встречаются на южных островах архипелага, в частности, на островах Столбовом и Большом Ляховском, где гнездятся отдельные самки. Что касается остальных из перечисленных островов, то на них клоктуны появляются не ежегодно. Вместе с тем пребывание этих птиц там не нужно рассматривать как залеты, а следует считать эту территорию входящей в ареал вида на северном пределе его обитания. Можно ожидать, что в благоприятные годы отдельные самки могут гнездиться и на некоторых других (помимо островов Столбового и Большого Ляховского) островах архипелага.

Несмотря на то, что эта утка для Дальнего Востока и Восточной Сибири является весьма обычной и в количественном отношении занимает видное место, биология ее изучена плохо. Особенно мало собрано материалов, относящихся к вопросам размно-

жения. Поэтому приведем некоторые данные, связанные с нахождением гнезда этой птицы на о. Столбовом.

В отношении погоды 1956 г. был весьма неблагоприятным. Затяжная весна, сильные ветры и снегопады в июне и июле, а также пребывание льдов в течение всего навигационного сезона вблизи берегов острова создали такие условия, при которых многие виды птиц (включая и базарные) гнездились в ограниченном числе. Численность птиц вообще тоже была низкой. В качестве примера можно указать на то, что клоктуны, которых на острове видят ежегодно, в 1956 г. не наблюдались (исключая утку, добытую на гнезде). Гнездо этой самки найдено 17 июля на левом притоке среднего течения речки Седова (рассоха Седова). Общая протяженность

Рис. 1. Общий вид местности, где найдено гнездо клоктуна. Крестиком обозначено местоположение гнезда.

притока около 1,5 *км*. Берега в верховьях пологие, а в устьевой части либо обрывистые, либо с большим уклоном падения, при высоте, местами достигающей 6 *м*. Приток, текущий в относительно широкой долине (15—25 *м*), не имеет выработанного русла.

В это время, когда было найдено гнездо, сток уже прекратился и дно долины представляло ряд разобщенных заболоченных участков, покрытых мохово-травянистой растительностью (рис. 1).

Утка слетела с гнезда неожиданно, и добыть ее не удалось. Подкарауливание в течение 20 мин. не дало результатов. Гнездо было оставлено, но спустя еще 30 мин. оказалось, что самка побывала там и прикрыла часть яиц пухом. Сама она поднялась на крыло со дна долины, вне пределов выстрела.

Гнездо было устроено в береговом обрыве (высота 1,5 *м*) и помещалось в нише между кочками, на высоте 80 *см* от подошвы.

Вторично гнездо посещено 19 июля. При подходе (за 40 *м*) обнаружено, что утка сошла с гнезда на край ниши, где она и была убита. В гнезде оказалось 7 белых, слегка зеленоватых яиц (рис. 2). Гнездо имело продолговатую форму, что объясняется расположением углубления между кочек. Его наружный диаметр в среднем составлял 113 *мм*, внутренний — 85 *мм*, толщина валика — 28 *мм*,глубина лотка — 45 *мм*. Строительным материалом валика являлся собственный пух утки с незначительной примесью растительности, тогда как в подстилке последняя преобладала.

Общий вес кладки (7 шт.) равнялся 206,5 *г*. Средний вес яйца составлял 29,5 *г* при колебании от 28 до 30,8 г. Общая длина яиц варьировала от 47,5 *мм* до 51,2 *мм*, (средняя 49,9 *мм*), ширина — от 33,8 до 35,5 *мм* (средняя 34,7 *мм*). По Ю. А. Исакову, размеры яиц клоктунов колеблются в пределах 46,2—47,7 × 33,7—35,7 *мм* при сред-

них 47,1 × 34,4 *мм* [1]; по А. Я. Тургаринову, в среднем составляют 48,7 × 34,5 *мм* [2]. Таким образом, яйца клоктуна, найденные на о. Столбовом, оказались более крупными как по абсолютным, так и по средним показателям.

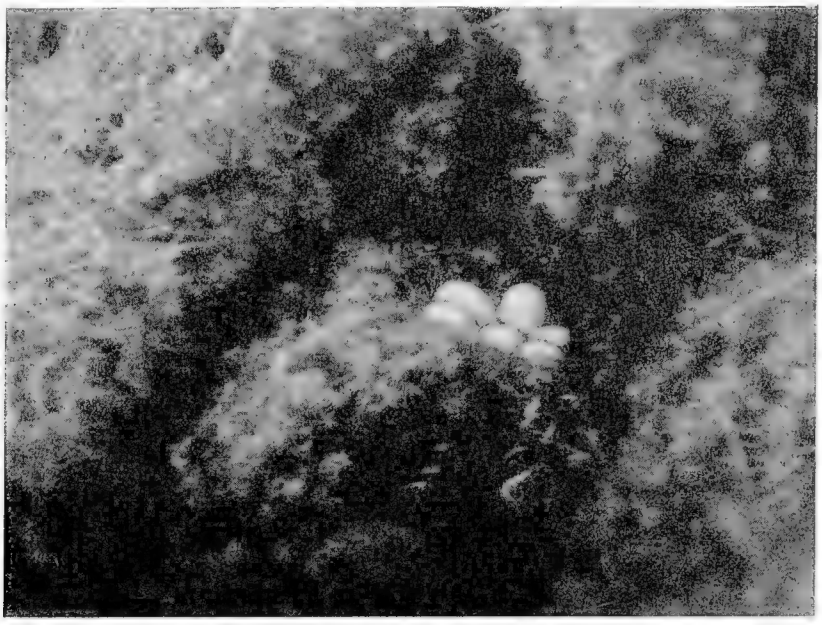

Рис. 2. Гнездо клоктуна с кладкой яиц.

В заключение необходимо отметить, что яйца были сильно насиженными. Хорошо опушонные эмбрионы занимали всю полость яйца и, судя по состоянию желточного мешка, птенцы должны были вылупиться дня через три-четыре. Колебания в размерах эмбрионов показывали, что насиживание начиналось после откладки трех яиц.

Поступила
31/X 1956 г.

Г. Л. Рутилевский

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаков Ю. А. и др. Птицы Советского Союза, т. IV (подсемейство уток). Изд. «Советская наука», М., 1952.
2. Тугаринов А. Я. и др. Атлас охотничьих и промысловых птиц и зверей СССР. Т. I — Птицы (пластинчатоклювые). Изд. Акад. наук СССР, М.—Л., 1950.
3 Bunge A. Bericht über den ferneren Gang der Expedition. Reise nach den Nousibirichen Insel. Aufenthalt auf der Grossen Ljachof-Insel. Beitrage zur Kenntniss des Russischen Länder Asiens. Band III, dritte Folge, St. Petersburg, 1887, s. 231—284.
4. Pleske T. Birds of the Eurasian tundra. Memoirs of the Boston Society oi Natural History. vol. 6, № 3, Boston, april, 1928

ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСОКОШИРОТНАЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА ЛЕДОРЕЗЕ „Ф. ЛИТКЕ“ 1955 г.

В 1955 г. Арктический институт направил комплексную океанографическую экспедицию для выполнения гидрологической съемки к северу от Земли Франца-Иосифа, между этим архипелагом и Шпицбергеном и к северу от последнего. Для экспедиции был выделен л/р «Ф. Литке», который после оборудования лабораторий, установки мощных электрических гидрологических лебедок типа «Океан» и др. 24 августа вышел из Мурманска. Экспедиция состояла из четырех отрядов: гидрологического (начальник Я. П. Кобленц), гидрохимического (начальник Е. В. Белышева), геологического (начальник Н. А. Белов) и гидробиологического (В. М. Колтун). Экспедицию возглавлял Л. Л. Балакшин, его заместителем был Я. П. Кобленц, капитаном судна — В. И. Паташников.

Экспедиция, достигнув 82°05′ с. ш. и 65°20′ в. д., приступила к выполнению глубоководной комплексной гидрологической съемки. Работы проводились в течение трех рейсов: первый с 8 по 18 сентября, второй с 26 сентября по 12 октября и третий с 23 по 28 октября. За это время гидрологической съемкой были освещены районы, расположенные к северу от Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена, в общем, севернее параллели 82—83° (рис. 1). Работы экспедиции проходили преимущественно в мало исследованных или вообще никогда не посещавшихся кораблями районах.

Для максимального использования благоприятных ледовых условий (северное положение кромки дрейфующих льдов) в первую очередь освещались наиболее северные, доступные для плавания участки с отходом на юг. Эта практика полностью себя оправдала и позволила исследовать материковую отмель, склон и прилегающую область океанических глубин от 2000 *м* и более.

В течение первого рейса удалось обогнуть Землю Франца-Иосифа с севера, впервые со стороны Карского моря [1], достигнув рекордной широты свободного плавания — 83°21′ с. ш. 11 сентября 1955 г. в 53°11′ в. д. Таким образом, удалось выполнить океанографическую съемку в пределах акватории, значительная часть которой ранее никогда не посещалась исследовательскими судами в свободном плавании. Любопытно отметить, что 10 сентября л/р «Ф. Литке» находился всего в 25—30 милях от места, где в 1914 г. штурман Альбанов со своими спутниками покинул шхуну «Св. Анна».

Плавание к северу от Земли Франца-Иосифа проходило в условиях преимущественно пасмурной погоды и частых туманов; скорость ветра превышала 7 *м/сек*. Кромка дрейфующих льдов была очень плотной, сбитой. Встречалось большое количество айсбергов.

После окончания работ к северу от Земли Франца-Иосифа и бункеровки в Баренцбурге экспедиция проводила исследования к северу от Шпицбергена и между Шпицбергеном и Землей Франца-Иосифа. Этот рейс проходил при неблагоприятных метеорологических условиях (пасмурная погода, ветер преимущественно северный со средней скоростью 10—11 *м/сек*, максимальная скорость ветра достигла 17 *м/сек*). Изменение направления ветра вызвало быстрое перемещение кромки дрейфующих льдов на юг. Работами к северу от Шпицбергена также удалось осветить ранее мало исследованные или вовсе непосещавшиеся районы. До плавания л/р «Ф. Литке» наиболее северная точка — 81°59′ с. ш. — была достигнута судном «Наутилус» с 1931 г., на борту кото-

[1] Как известно, первым совершил плавание вокруг этого архипелага парусно-моторный бот «Книпович» (1932 г.). На нем находилась океанографическая экспедиция под руководством профессора Н. Н. Зубова.

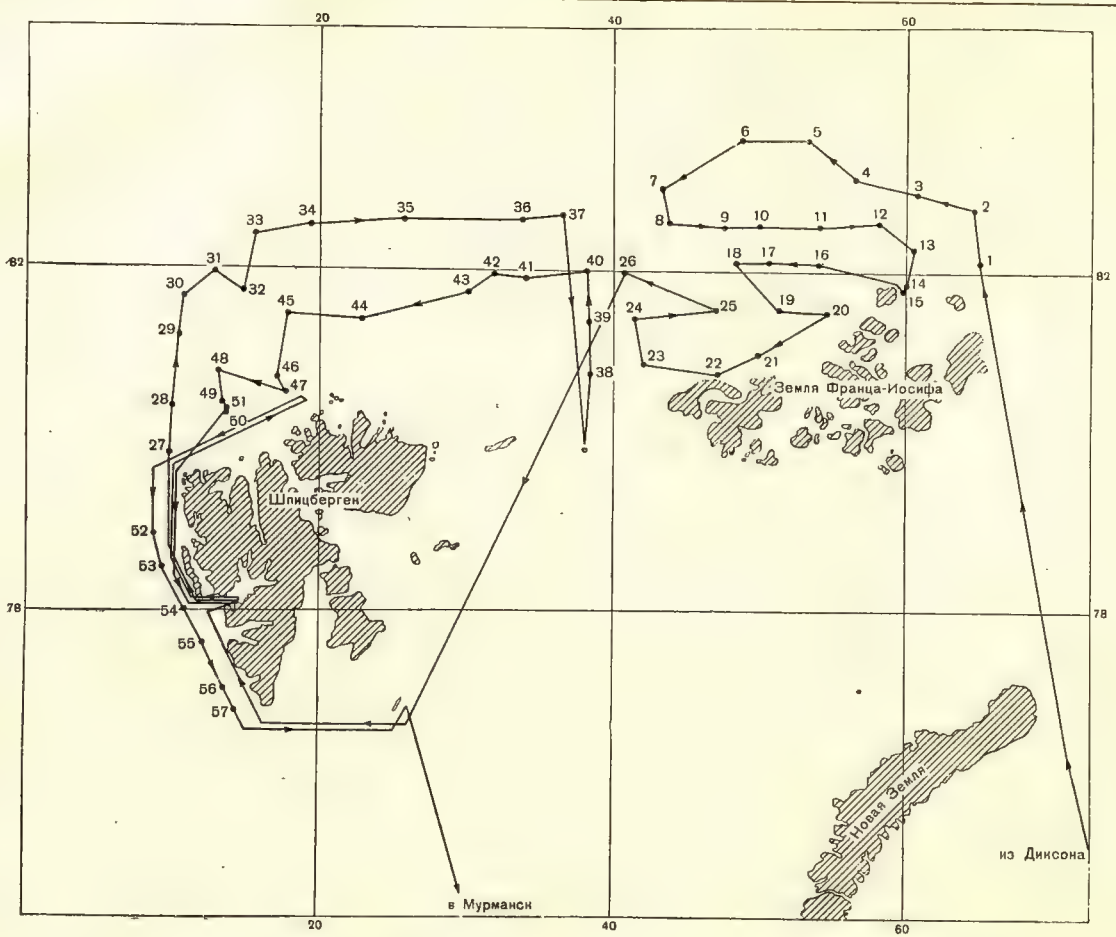

Рис. 1. Схема маршрута и расположения океанографических станций экспедиции на л/р «Ф. Литке» 1955 г.

рого находилась экспедиция под руководством Х. Свердрупа и Г. Уилкинса. В 1955 г. удалось провести исследования севернее 82°30′ с. ш. В 82°23′ с. ш. и 19°31′ в.д. 29 сентября была измерена глубина 5449 *м* и взята колонка грунта. Эта глубина пока остается наибольшей из известных для Северного Ледовитого океана. До этого В. Х. Буйницким во время дрейфа л/п «Г. Седов» была измерена, но значительно севернее, глубина свыше 5000 *м*

В течение плавания было выполнено 57 глубоководных (до глубин 4000 *м*) станций, добыто 84 пробы грунта; при этом впервые с большой глубины Северного Ледовитого океана (3044 *м*) была получена колонка грунта мощностью 412 *см* (с помощью поршневой трубки). Гидробиологами было проведено 27 тралений, из них 12 глубоководных (на глубинах от 1000 до 4000 *м*). На большинстве гидрологических станций брались пробы планктона (всего 159). Химиками было выполнено 1020 определений солености, 621 — концентрации водородных ионов, 641 — растворенного кислорода, 501 — щелочного резерва, 480 — фосфатов, 475 — нитритов, 445 — силикатов, всего более 4000 определений. В ходе работ экспедиции все время выполнялся попутный промер, результаты которого существенно дополнили, а в некоторых случаях и изменили существующие представления о рельефе дна Северного Ледовитого океана.

Наряду с основными работами проводились наблюдения за животным миром. К северу от Земли Франца-Иосифа, в районе кромки дрейфующих льдов, встречено много белых медведей (около 50—60), иногда с молодым поколением. К северу от Шпицбергена медведи попадались значительно реже. Севернее о. Рудольфа в массовом количестве замечены розовые чайки. Шесть экземпляров этих исключительных по красоте птиц добытых экспедицией, переданы в зоологический институт Академии наук СССР для исследования.

Полученные материалы позволяют отметить, что в 1955 г. наблюдалось значительное поступление теплых вод атлантического происхождения в районе порога Нансена. Это подтверждается средней температурой не только атлантических вод к северу от Шпицбергена, но и проходящего восточнее поверхностного течения. Косвенным признаком интенсивного поступления теплых вод из Атлантического океана на север служат и повышенные средние скорости Восточно-Гренландского течения, которые, по данным «буйковой почты», составляют 9—12 миль в сутки. Сопоставление данных гидрологических и гидрохимических наблюдений, полученных экспедицией на л/р «Ф. Литке», с результатами прежних исследований подтверждает наличие значительных изменений в режиме вод атлантического происхождения, поступающих в Северный Ледовитый океан.

Большую ценность представляет гидробиологический материал, так как из данных районов ранее имелись лишь немногочисленные и случайные сборы. Среди сборов бентоса добыто значительное количество редких видов (десятиногие раки, бокоплавые, равноногие раки, губки и др.). Сборы планктона и бентоса дают возможность уточнить картину проникновения тепловодных видов в эти районы Арктики, а также характер и интенсивность проникновения сюда теплых вод. Бентонические сборы свидетельствуют об относительной бедности фауны на глубинах и ее однообразии на большом протяжении от Новосибирских островов до Шпицбергена.

Предварительный макро-и микроскопический просмотр колонок грунта в ряде случаев выявил совершенно новые типы донных отложений, до сих пор неизвестных в Центральной Арктике. Уже сейчас можно высказать соображения о строении осадков в районе работ экспедиции в первом приближении, подсчитать мощность современного слоя осадков и на этом основании определить скорость их накопления. В этом отношении большой интерес представляет четырехметровая колонка грунта, впервые полученная на больших глубинах Северного Ледовитого океана.

Мощность верхнего слоя осадков в восточной части района, расположенного к северу от Земли Франца-Иосифа, колеблется примерно от 15 до 30 *см*. Считая, что на западе последнее оледенение закончилось 10—12 тыс. лет назад, скорость накопления осадков может быть принята равной 1,5—3,0 *см* в 1000 лет. В желобе Франца-Виктории мощность верхнего слоя уменьшается до 10 *см*, соответственно и скорость отложения осадков очевидно не превышает 1,0 *см* в 1000 лет. В различных районах к северу от Шпицбергена мощность верхнего слоя колеблется в пределах от 7 до 40 *см*.

Среди глубоководных отложений на дне Северного Ледовитого океана большой интерес представляют обнаруженные геологами экспедиции глобигериновые илы. При измерении глубины 5449 *м* грунтовой трубкой была поднята со дна колонка грунта длиной 33 *см*, верхняя часть которой состояла из глобигеринового ила. Сам факт присутствия раковинок глобигерин в осадках Северного Ледовитого океана не вызывает удивления, являясь одним из доказательств проникновения атлантических вод в Северный Ледовитый океан, но скопление на дне большого их количества до настоящего времени встретить не удавалось.

Поступила
13/IX 1956 г.

Л. Л. Балакшин

СОВЕТСКИЕ ПОЛЯРНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ В АНГЛИИ

Весной 1956 г. директор Полярного института имени Скотта в Кембридже, профессор Г. Бертрам, обратился к директору Арктического научно-исследовательского института В. В. Фролову с предложением обменяться делегациями этих близких по своему назначению научных организаций. По решению Правительства СССР это предложение было Арктическим институтом принято. Было намечено послать Советскую делегацию в Англию в апреле 1956 г. и принять ответный визит английских ученых в июне того же года. Представлять Арктический институт было поручено заместителю директора института по научной части, Герою Социалистического Труда А. Ф. Трешникову, и старшему научному сотруднику института, проф. И. В. Максимову. С английской стороны для визита в Советский Союз были намечены сотрудники Полярного института имени Скотта д-р Теренций Армстронг (экономист, специалист по общим вопросам изучения Арктики) и д-р Бриан Робертс (орнитолог, специалист по общим вопросам изучения Антарктики). Общее руководство как поездкой Советской делегации в Англию, так и приемом английских ученых осуществлялось начальником Главсевморпути В. Ф. Бурхановым и директором Арктического института В. В. Фроловым.

Советская делегация прибыла в Лондон 18 апреля 1956 г. В тот же день состоялась встреча представителей Арктического института с учеными Полярного института имени Скотта — Т. Армстронгом и Б. Робертсом.

Английские ученые предложили советским представителям составленную заранее программу работы, рассчитанную на 10 дней пребывания делегации в Англии. В программу было включено ознакомление со следующими научными и учебными организациями Великобритании:

1. Полярный институт имени Скотта в Кембридже
2. Кембриджский университет
3. Кафедра океанографии Ливерпульского университета
4. Приливной научно-исследовательский институт в Ливерпуле
5. Метеорологический оперативный центр Британских Военно-Воздушных сил в городе Динстабл
6. Метеорологический научно-исследовательский институт Военно-Воздушных сил в городе Харроу
7. Гидрографический отдел Британского адмиралтейства в Лондоне
8. Национальный институт океанографии Великобритании в городе Вормлес

В дальнейшем эта программа и была реализована без каких-либо изменений. К сожалению, программой не было предусмотрено посещение Плимутской морской обсерватории в Англии, представляющей для Советского Союза существенный научный интерес. Однако отдаленность Плимута и ограниченные сроки пребывания делегации в Англии не позволили ознакомиться с этой организацией. Таким образом, делегация имела возможность ознакомиться почти со всеми крупными научными учреждениями Англии, занимающимися полярными исследованиями, метеорологией и океанографией.

По завершении своей работы делегация 28 апреля 1956 г. покинула Англию и в тот же день вернулась в Москву.

Поступила
25/X 1956 г.

И. В. Максимов

АНГЛИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ В АРКТИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

В конце мая 1956 г. в Арктический институт с ответным визитом прибыли английские ученые — сотрудники Полярного института имени Скотта — д-р Теренций Армстронг и д-р Бриан Робертс. Гости были приняты директором Арктического института В. В. Фроловым, который представил им ведущих ученых института. В течение нескольких дней Т. Армстронг и Б. Робертс знакомились с научными отделами и лабораториями института, осмотрели научные фонды и библиотеку. Гостям было продемонстрировано полярное снаряжение: круглая арктическая палатка, гидрологическая лебедка, мотобур, буквопечатающая вертушка и другие приборы.

Представителям английской науки были показаны фильмы «В центре Арктики», «376 дней на дрейфующих льдах» и «Северный полюс», рассказывающие о широких научных исследованиях советских полярников в центральной части Северного Ледовитого океана. Гости также детально ознакомились с Музеем Арктики, Эрмитажем и достопримечательностями Ленинграда и Петродворца.

Коллективом института Т. Армстронгу и Б. Робертсу были вручены подарки: чукотские изделия из моржовой кости и издания Арктического научно-исследовательского института. Английские гости присутствовали на заседании Ученого совета, на котором Т. Армстронг сделал доклад об английских антарктических исследованиях и показал фильм из жизни эскимосов Канадской Арктики.

Доклад Т. Армстронга публикуется в настоящем выпуске.

Поступила
25/X 1956 г.

В. М. Пасецкий

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕЖДУНАРОДНОМУ ГЕОФИЗИЧЕСКОМУ ГОДУ В СТОКГОЛЬМЕ

С 22 по 25 мая 1956 г. в Стокгольме проходила конференция, посвященная обсуждению планов и программ научных исследований в Арктике в период Международного геофизического года 1957/58 г. В работе конференции приняли участие представители 13 стран (61 специалист). В состав советской делегации входило девять человек:

Авсюк Г. А., руководитель делегации (Академия наук СССР)
Белоусов В. В. (Академия наук СССР)
Буланже Ю. Д. (Академия наук СССР)
Бурханов В. Ф. (Главсевморпути)
Давитая Ф. К. (Гидрометслужба СССР)
Дрнацкий В. М. (Главсевморпути, Арктический институт)
Морозовская Л. Л. (Академия наук СССР)
Никольский А. П. (Главсевморпути, Арктический институт)
Троицкая В. А. (Академия наук СССР)

На конференции обсуждались вопросы, связанные с организацией наблюдений по метеорологии, земному магнетизму, полярным сияниям, ионосфере и распространению радиоволн, гравиметрии, гляциологии, сейсмологии. Были также рассмотрены вопросы публикации.

В начале работ конференции состоялось три пленарных заседания, на которых были прочитаны следующие доклады:

1. С. Чепмэн (Англия) — «Программа работ по полярным сияниям в период Международного геофизического года»
2. Ю. Бартельс (ФРГ) — «Геомагнитные наблюдения в полярных областях».
3. А. Шэпли (США) — «Ионосферные исследования в Арктике»
4. Ф. Давитая (СССР) — «Программа метеорологических наблюдений в период Международного геофизического года»

Кроме того, для участников конференции были прочитаны очень интересные лекции:

Н. Ньюэл «Ракетные исследования во время Международного геофизического года»
Г. Альфвен «Краткое обозрение экспериментальных работ по космической физике»
Н. Ван-Де Гульст «Радиоастрономические наблюдения 21-сантиметровой линии водорода и ее использование в объяснении структуры Галактики»

Особое внимание привлекла лекция о ракетных исследованиях, в которой достаточно подробно освещался вопрос о запуске для исследовательских работ искусственных спутников Земли. Очень содержательную лекцию прочел проф. Альфвен, после которой в лабораториях института был продемонстрирован ряд опытов по затронутым проблемам.

В результате работы конференции были приняты решения, касающиеся распределения сети станций на время Международного геофизического года, рекомендованной аппаратуры, методики наблюдений и их обработки, программ наблюдений. Некоторые из этих решений являлись предварительными и требовали дальнейшего уточнения.

Итоги работ конференции, несомненно, являются крупным шагом вперед в деле организации и проведения Международного геофизического года.

Время, свободное от работы конференции, члены советской делегации использовали для посещения шведских научных учреждений и встреч с отдельными учеными геофизиками.

Советская делегация ознакомилась с экспериментальными работами электродинамической лаборатории проф. Альфвена при Королевском институте технологии в Стокгольме. Ученым Советского Союза были продемонстрированы опыты с «террелой», с электрическим разрядом в катодной трубке и с магнито-гидродинамическими

волнами. Все работы, проводимые в лаборатории проф. Г. Альфвена, являются весьма важными для решения проблемных теоретических вопросов в области космических лучей, магнитных возмущений и геофизики вообще.

Члены делегации посетили математическое отделение университета в Стокгольме, где ознакомились с работой электронной счетной машины и ее применением для обработки метеорологических данных и прогнозирования погоды.

Затем была осмотрена ионосферная станция при университете в Упсале. Здесь была продемонстрирована работа приборов по вертикальному зондированию ионосферы, по регистрации слышимости длинноволновой радиостанции и атмосферных помех и показана новая аппаратура по фотографированию полярных сияний, разработанная для наблюдения во время Международного геофизического года. Советские ученые присутствовали на просмотре двух короткометражных фильмов: ионосферное возмущение по наблюдениям в Упсале и вариации полярных сияний, снятых с помощью новой камеры. Руководитель ионосферной станции д-р Штофреген дал подробную характеристику ионосферной станции и ознакомил представителей Советского Союза с конструкцией фотокамеры для полярных сияний.

Очень плодотворными оказались личные встречи с учеными-геофизиками. В частности, обстоятельные беседы имел член советской делегации В. М. Дриацкий с руководителем ионосферной службы США д-ром А. Шэпли, с д-ром Герсоном и др. Член делегации А. П. Никольский имел личные беседы с проф. Альфвеном и д-ром Блоком, с руководителем французской антарктической экспедиции д-ром П. Виктором, а также с рядом других ученых. Во время этих бесед советские и зарубежные ученые взаимно ознакомились с результатами последних работ в области земного магнетизма и ионосферы. Установление личного контакта с участниками конференции, несомненно, будет полезно для дальнейшего развития научной работы. В результате этих встреч, в порядке обмена, был получен ряд новых публикаций.

В свободное от работы время советская делегация вместе со шведскими учеными совершила интересную прогулку на автобусе по окрестностям Стокгольма.

Необходимо отметить, что члены советской делегации встретили весьма радушное и внимательное отношение как со стороны шведских ученых, так и со стороны других участников конференции.

Поступила
16/X 1956 г.

А. П. Никольский

Стр.
24
62
70
116

Зак.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
24	Подпись к рис. 3, строка 4 и 5 сверху	при $\kappa = 0{,}008$ и $m = 2700$; *3* и *3′* — *4* — скорость градиентного течения	при $\kappa = 0{,}008$ и $m = 270$; *3* и *3′* — при $\kappa = 0{,}008$ и $m = 2700$; 4 — скорость градиентного течения
62	Строка 13 сверху	в 10 час. 45 мин.	30 июля в 10 час. 45 мин.
70	Строка 31 сверху	$r = -0{,}94+0{,}01$	$r = -0{,}94\pm0{,}01$
116	Строка 1 снизу	в виде светлых пятен („Нептун“) „SO-13“	в виде светлых пятен („Нептун“) или дужек „SO-13“

Зак. 1018

волнами. Все работы, проводимые в лаборатории проф. Г. Альфвена, являются весьма важными для решения проблемных теоретических вопросов в области космических лучей, магнитных возмущений и геофизики вообще.

Члены делегации посетили математическое отделение университета в Стокгольме, где ознакомились с работой электронной счетной машины и ее применением для обработки метеорологических данных и прогнозирования погоды.

Затем была осмотрена ионосферная станция при университете в Упсале. Здесь была продемонстрирована работа приборов по вертикальному зондированию ионосферы, по регистрации слышимости длинноволновой радиостанции и атмосферных помех и показана новая аппаратура по фотографированию полярных сияний, разработанная для наблюдения во время Международного геофизического года. Советские ученые присутствовали на просмотре двух короткометражных фильмов: ионосферное возмущение по наблюдениям в Упсале и вариации полярных сияний, снятых с помощью новой камеры. Руководитель ионосферной станции д-р Штофреген дал подробную характеристику ионосферной станции и ознакомил представителей Советского Союза с конструкцией фотокамеры для полярных сияний.

Очень плодотворными оказались личные встречи с учеными-геофизиками. В частности, обстоятельные беседы имел член советской делегации В. М. Дриацкий с руководителем ионосферной службы США д-ром А. Шэпли, с д-ром Герсоном и др. Член делегации А. П. Никольский имел личные беседы с проф. Альфвеном и д-ром Блоком, с руководителем французской антарктической экспедиции д-ром П. Виктором, а также с рядом других ученых. Во время этих бесед советские и зарубежные ученые взаимно ознакомились с результатами последних работ в области земного магнетизма и ионосферы. Установление личного контакта с участниками конференции, несомненно, будет полезно для дальнейшего развития научной работы. В результате этих встреч, в порядке обмена, был получен ряд новых публикаций.

В свободное от работы время советская делегация вместе со шведскими учеными совершила интересную прогулку на автобусе по окрестностям Стокгольма.

Необходимо отметить, что члены советской делегации встретили весьма радушное и внимательное отношение как со стороны шведских ученых, так и со стороны других участников конференции.

Поступила
16/X 1956 г.

А. П. Никольский